

El interés de los estudiantes hacia la química

Ángel Vázquez Alonso y María Antonia Manassero Mas*

Abstract (*Interest of students towards chemistry*)

Chemistry has a faulty image both in public opinion and among students. The empiric basis for the faulty public image of chemistry is drawn from some European surveys, which relates it to the negative perception of the chemical industry, which is seen as insane for people and harmful for the environment. The industrial pouring and contamination, as well as big accidents and catastrophes cause an enormous and negative impact on public opinion. At school, students' interest toward chemistry topics is relatively lower than their interest toward other areas of science. These features challenge chemistry education, and to cope with them and to change the negative attitudes toward chemistry, the scientific literacy aim should be assumed as a general purpose of chemistry education instead of teaching to prepare future scientists. Finally, some didactic proposals, around improving the affective and attitudinal aspects involved in chemistry learning, such as going beyond the traditional contents of the chemistry school curriculum, opening up toward new topics and the history and the nature of the chemistry, and promoting the study of chemistry in context through the science-technology-society (STS) orientations are discussed.

Introducción

El investigador australiano en didáctica de la ciencia Peter Fensham ha escrito recientemente que hoy día el principal problema de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia es la falta de interés de los estudiantes, y cuya solución requiere una especial y vigorosa atención a los aspectos actitudinales, afectivos y

emocionales del currículo de ciencias. En consecuencia, el objetivo prioritario de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia debería ser promover una actitud positiva de los estudiantes hacia la ciencia escolar que mantenga la curiosidad y mejore la motivación con el fin de generar apego y vinculación hacia la educación científica, no sólo a lo largo del período escolar, sino también a lo largo de toda la vida (Fensham, 2004).

Indirectamente, este negativo diagnóstico equivale a constatar que el objetivo más importante de la enseñanza actual de la ciencia y tecnología (CyT) no es propiciar un aprendizaje que sea fuente de experiencias exitosas, satisfactorias y agradables para los estudiantes. Tal vez este objetivo ni siquiera figura entre los objetivos explícitos u ocultos del currículo aplicado en el aula. Desde hace años el objetivo más generalizado en el mundo de la enseñanza de las ciencias es el objetivo propedéutico, es decir, enseñar para preparar futuros científicos y tecnólogos, de modo que este objetivo implica educar desde la más temprana edad a pequeños científicos; de hecho, muchos profesores en la escuela no conciben otro objetivo diferente. Este objetivo impone una enculturación de los estudiantes en la disciplina de la ciencia, y de la química, centrada en la lógica de la ciencia y tecnología, que resulta selectiva, dura y difícil, anticuada en sus contenidos, inútil a corto (y largo) plazo e, implícitamente, incompatible con el disfrute al aprender ciencias. Muchos estudiantes informan que el aprendizaje de CyT es fuente de fracasos y experiencias personales negativas, sienten que pierden el tiempo en cosas difíciles, que ni les son útiles ni les interesan. En suma, el aprendizaje de CyT es fuente de alienación y se encuentra en las antípodas de promover actitudes positivas hacia la ciencia, ni siquiera, paradójicamente, entre aquellos que manifiestamente desean llegar a ser científicos (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005).

Los profesores de los niveles de educación obligatorios saben que realmente sólo una pequeña minoría de sus estudiantes seguirá estudios posteriores a la educación obligatoria relacionados con la ciencia o la tecnología, y a pesar de ello siguen enseñan-

* Universidad de las Islas Baleares.

Dirección para correspondencia: Ángel Vázquez Alonso
Universidad de las Islas Baleares, Facultad de Educación,
Edificio Guillem Cifre de Colonya. Carretera de Valldemossa,
km. 7.5 07122 - Palma de Mallorca **Correo electrónico:**
angel.vazquez@uib.es

Teléfono: +(34) 971-173075; fax +(34) 971-173190.

Recibido: 14 de diciembre de 2005; **aceptado:** 1 de febrero de 2006.

do para esa minoría, olvidando las necesidades de la mayoría. Esta situación implica condenar a la mayoría del alumnado en clase, a aburrirse, a perder el tiempo y acabar siendo analfabetos científicos, y lo que puede ser peor, a sembrar una actitud de activa aversión hacia la ciencia y su entorno.

En el otro extremo, tampoco se ha demostrado que los programas propedéuticos sean mejores incluso para la minoría que serán científicos. Desde hace casi tres décadas, los resultados de la línea de investigación sobre concepciones alternativas de los estudiantes resultan especialmente demoledores para la enseñanza propedéutica, pues prueban que los estudiantes no aprenden ciencias significativamente; incluso los estudiantes de ciencias avanzados cometen errores conceptuales importantes después de recibir muchos años una enseñanza centrada en los conocimientos científicos. La enseñanza propedéutica es un conjunto de recetas simples, basadas en la selección de los mejores, aplicadas, transmitidas, avaladas e impuestas a distancia por contagio e imitación de los modelos de científicos en ejercicio que los profesores de ciencias han tenido como profesores en la universidad. Por todo ello, este generalizado y dogmático mito resulta tan difícil de desafiar (Aikenhead, 2003).

Los testimonios de dos conspicuos representantes, uno de la cultura de letras, el escritor español Antonio Muñoz Molina, y otro de la cultura científica, el científico americano Carl Sagan, transmiten con desgarradora elocuencia valoraciones de esta situación escolar curiosamente coincidentes y negativas,

“Yo leo los recuerdos de Oliver Sacks y Primo Levy y los comparo con mi propio recuerdo de la Química, a los catorce años. No era, no parecía, una hermosa invitación a la aventura, sino un suplicio amenazante, una jerga de fórmulas que tenían menos sentido que un jeroglífico egipcio, y aún menos relación con la realidad, trazadas velozmente en la pizarra” (citado en Gómez, 2005).

Me encantaría poder decir que en la escuela elemental, superior o universitaria tuve profesores de ciencias que me inspiraron. Pero por mucho que busco en mi memoria, no encuentro ninguno. Se trataba de una pura memorización de la tabla periódica de los elementos (...) Pero no había ninguna elevada sensación de maravilla, ninguna indicación de una perspectiva evolutiva, nada sobre ideas erróneas que todo el mundo había creído ciertas en otra

época. Se suponía que en los cursos de laboratorio del instituto debíamos encontrar una respuesta. Si no era así, nos suspendían (Sagan, 1997, pp. 9-10).

El objetivo propedéutico pudo justificarse hace años en un contexto donde todo el sistema educativo era una estructura selectiva de los estudiantes. Sin embargo, hoy día en la mayoría de los países desarrollados, la organización general del sistema educativo alberga a todos los estudiantes durante mucho tiempo, más de diez años, y si se cumplen los objetivos de Lisboa para el año 2010 en la Unión Europea, la tendencia es a mantener la mayoría de los estudiantes 17 o más años en la educación no universitaria. En este escenario, cuyo decorado y figurantes han cambiado tan drásticamente, el protagonista de la obra (el profesor) parece no haberse enterado de los cambios, y no sólo persiste en mantener su viejo guión, sino que con obstinación reclama y justifica su derecho a seguir interpretándolo. En este contexto, el mantenimiento de una orientación propedéutica en la educación obligatoria (primaria y secundaria), produce sistemáticamente la exclusión de una mayoría de ciudadanos, que salen científicamente analfabetos y aborreciendo la CyT. Este resultado del sistema educativo es totalmente inaceptable, no sólo porque la ciencia y la tecnología son hoy dos motores del progreso y el desarrollo sociales en muchos aspectos, empezando por el desarrollo económico y los puestos de trabajo (más del 60% de la oferta de empleo actual en España son puestos de trabajo relacionados con ciencia y tecnología), sino también porque el analfabetismo científico es un óbús contra la igualdad de oportunidades de aprendizaje. Los ciudadanos analfabetos científicamente no sólo serán personas simplemente inanes ante el asalto de la superstición, la ignorancia o la manipulación, que pueden ser un caldo de cultivo de potenciales activistas anti-ciencia, sino que no podrán participar y contribuir adecuadamente a los frecuentes debates públicos en la toma de decisiones democráticas sobre temas tecno-científicos con incidencia social. Parece fatuo no preocuparse por modificar la prioridad de los objetivos relacionados con la enseñanza de la ciencia, en general, y de la química en particular, adaptándolos a las nuevas necesidades sociales y personales, pero también a las diversas edades de los estudiantes y etapas de la educación (Donnelly, 2004; Kolstø, 2001).

Sobre esta base, este artículo propone la necesidad de innovar la educación química desarrollando una línea argumental con tres partes: en primer

lugar, se constata la mala imagen pública de la química existente en la sociedad; después se presenta también la percepción negativa de los estudiantes hacia la química escolar, apoyada en resultados empíricos de estudios recientes sobre la diversidad de intereses de los estudiantes hacia los temas de química y, finalmente, se discuten las implicaciones de estos resultados sobre los cambios e innovaciones más adecuados para mejorar la educación química.

La imagen pública de la química

En las modernas sociedades desarrolladas actuales la imagen pública de la química está en crisis. A lo largo de la historia reciente, la química se identifica principalmente con las industrias químicas. Desgraciadamente, esta relación entre la sociedad y la industria química está jalonada por diversos y frecuentes sucesos negativos que han condicionado una imagen pública deplorable de la química. La peligrosidad e insalubridad para los trabajadores de las primeras industrias químicas (minería, elaboración de tintes, producción de ácidos y sosa, industria pesada del hierro y el acero, etc.) aparecen ligadas también a la explotación capitalista de los trabajadores en las fábricas, tales como el empleo de niños en penosas tareas, las enfermedades adquiridas en el trabajo, las lesiones y los accidentes laborales, etc. que han sido un pesado baldón desde el nacimiento de la química (Bernal, 1979; Elena, Ordóñez y Colubi, 1998).

La segunda década del siglo XX está marcada, además, por el conocimiento (por cierto, gracias a otros químicos, todo sea dicho en descargo de la química) del brutal deterioro del medio ambiente (lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, contaminación de la litosfera, efecto invernadero, etc.) causado por el impacto de algunas actividades humanas relacionadas con la química, especialmente, el uso generalizado de productos nocivos y la peligrosidad de los vertidos y las emisiones tóxicas de una industria tan poderosa cuyo accidente podría arruinar el planeta. Una creciente conciencia ecológica nace y se desarrolla como consecuencia de esta degradación producida por actividades químicas. La sociedad cobra una conciencia planetaria de la capacidad de contaminación ambiental adquirida por el ser humano, a través del uso masificado e indiscriminado de actividades y procesos químicos (combustibles fósiles y efecto invernadero), multitud de productos químicos (clorofluorocarbonos y destrucción de la capa de ozono, pesticidas, materiales no reci-

clables, metales pesados, etc.), el uso de gases venenosos empleados en acciones bélicas (gas mostaza, napalm, gas nervioso, cloro, etc.) o productos farmacéuticos (talidomida), la responsabilidad de los cuales se atribuye a la industria química, pero se silencia la responsabilidad paralela de las personas que deciden su producción y uso.

Ciertamente, también debe notarse que esta atribución de responsabilidad hacia la industria química está sesgada, al minimizar el papel de otros factores cruciales del problema, tales como la responsabilidad de los usuarios o el papel positivo del conocimiento científico químico en el diagnóstico de los problemas ecológicos y la propuesta de soluciones racionales (Moreau, 2005). El concepto de desarrollo sostenible actual y las respuestas a los desafíos medio ambientales se basan en soluciones y propuestas realizadas desde la química, y de la ciencia en general; de hecho, si no fuera por la ciencia muchos problemas ambientales no sólo no se conocerían tan profundamente, sino que las soluciones tampoco existirían. Sin embargo, el ciudadano de la calle sigue asociando los problemas medio ambientales a la actividad química y científica; esta percepción sesgada de los problemas medio ambientales que amplifica algunas causas (su origen químico o científico) mientras olvida otras, como la responsabilidad de los usuarios o las propuestas científicas o químicas de soluciones, constituye un elemento reiterado y distintivo para explicar la mala imagen pública de la química. El analfabetismo científico, sin duda, está en la base de este sesgo.

Las drogas y alucinógenos (cocaína, heroína, LSD, éxtasis, drogas de diseño, etcétera), son otro factor con un intenso impacto sobre la opinión pública, pues constituyen una plaga destructora de las actuales sociedades de consumo post-modernas; provocan serios problemas en la salud de las personas y en la salud pública y son una tragedia para la convivencia social, por la reacción en cadena de delitos, víctimas y nuevos adictos que generan. La contribución de la técnica química a la creación de estas sustancias ampliamente consumidas constituye otro eslabón decisivo de la mala imagen de la química. El impacto de las imágenes en los medios de comunicación de cochambrosos laboratorios clandestinos de fabricación de drogas y de los criminales químicos que trabajan en ellos contribuye a amplificar esta imagen negra de la química, al vincularse con los males provocados por el tráfico y consumo de drogas.

Finalmente, el gran impacto sobre la opinión pública de los grandes desastres acaecidos en industrias químicas (Seveso, Basilea, Bhopal, por citar sólo algunos de los más importantes) y los accidentes de grandes petroleros, que han causado catástrofes humanas y ambientales irreparables en la población afectada, junto con el permanente goteo de pequeños, pero numerosos y trágicos, accidentes locales durante el transporte de productos químicos en barcos, trenes o carreteras o las averías de los dispositivos de control en industrias y conducciones, constituyen la puntilla de una imagen de la química en coma profundo. El impacto de estos desastres lleva añadida una nueva dimensión escandalosa para la imagen de la química, a través de la pervisión economicista y ética de las actividades de las empresas multinacionales, para rebajar gastos y mejorar sin freno sus balances económicos: la reluctancia de las empresas en asumir las justas indemnizaciones económicas multimillonarias a los afectados por accidentes o en eludir subrepticamente sus responsabilidades penales o sociales, así como la salida a la luz pública de prácticas industriales de riesgo (medidas de seguridad insuficientes u obsoletas, riesgos para la población ocultados, etc.) y actitudes éticas reprobables, tales como la deslocalización de las factorías, la explotación salarial, el trabajo de los menores, los proteccionismos arancelarios, etc. son aspectos que contribuyen a deteriorar aún más la imagen pública de la química.

La quimiofobia en datos

Aunque el peso de esta cara negativa de la química en la opinión pública es evidente, ciertamente, esto no significa que la química, como la ciencia en general, no tenga también una cara positiva. Su contribución intensa y decidida al progreso del conocimiento y de la calidad de vida es indudable, a través de la promoción de la salud (antisépticos, antibióticos y vacunas) y del bienestar cotidiano (analgésicos, fibras, colorantes, plásticos), en los transportes y comunicaciones (coches, trenes, aviones, nuevos materiales, etc.), en la agricultura (fertilizantes), la alimentación (conservantes y aditivos) y la higiene (cosméticos, detergentes y jabones), etcétera.

Habitualmente, la imagen de CyT resulta del balance entre los logros positivos y los impactos negativos y así se plantea en la mayoría de los sondeos de opinión pública europeos (EC, 2001) o españoles (Echeverría, 2005); éstos ofrecen una imagen global positiva de la ciencia, e incluso de la

tecnología, pero no en el caso de la química. En otro nivel, muchos reconocen un cierto fracaso de la industria química en dar a conocer, difundir y hacer percibir todas sus contribuciones positivas al progreso humano, debido a que muchos de sus logros positivos se atribuyen desproporcionadamente a otras disciplinas científicas cooperadoras, pero distintas de la química. Por ejemplo, la creación de medicamentos (las medicinas contra el cáncer), alimentos y las diversas tecnologías de protección del medio ambiente, desarrolladas por la química de síntesis, no aparecen en los medios como logros positivos asociados directamente a la química o a la industria química, sino que se atribuyen injustamente a otras disciplinas como la biología (bioquímica) o la industria farmacéutica.

La consecuencia más previsible de las consideraciones anteriores sobre la pobre gestión de la mala imagen pública de la química es la existencia de indicadores que confirman efectivamente unas actitudes hacia la química que pueden catalogar como quimiofóbicas. Las encuestas y sondeos de opinión pública, que incluyen cada vez más preguntas y cuestiones referidas a la ciencia y tecnología, reflejan y cuantifican claramente las dimensiones de la quimiofobia en Europa (CEFIC, 2004).

En general, las opiniones varían ampliamente de país a país, dentro de una tónica negativa. En Francia más de 65% del público rechaza la química, 40% de franceses no piensan que su estándar de vida disminuiría si la industria química desapareciera, 63% no creen que la industria química hace esfuerzos para disminuir riesgos al público, y sólo 55% sienten que la química es un área de actividad que crea y protege el empleo y los puestos de trabajo. En Suecia, un país con una de las menores tasas de actividad industrial en química, la tasa de opinión negativa respecto a la química llega al 80% del público. La tasa más alta de aprobación hacia la química en Europa sucede en Alemania y España (62% aprueba), por lo que sigue existiendo aún mucho espacio para la mejora. Según los expertos, estas variaciones tienen también una cierta lógica pues en Alemania, el país europeo con mayor tasa de empleo en el sector químico, es donde se observan la imagen más positiva, lo contrario que en Suecia.

Como rasgo esperanzador, después de años de descenso continuado, por primera vez se observan tendencias positivas apuntando en el horizonte a través de encuestas de los últimos años que muestran un cierto repunte positivo de la imagen de la química

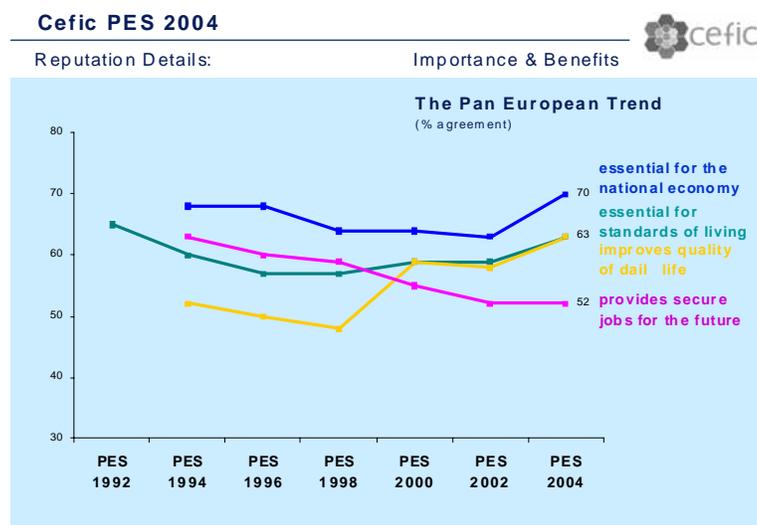


Figura 1. Tendencias de la evolución temporal de la opinión de los europeos sobre cuatro rasgos la industria química.

(CEFIC, 2004). Por un lado, la imagen europea global de la industria química es positiva, como resultado del balance entre la percepción positiva y negativa, (48% frente a 44%). Por otro lado, aunque sea referida a aspectos de la química cuyas expectativas puedan parecer más favorables, tales como la importancia de la química para la economía, para mantener el nivel de vida, para mejorar la calidad de vida y para ofrecer puestos de trabajo a la sociedad, la imagen de la química ha mejorado significativamente, y lo que es más importante, muestra claramente un cambio de tendencia al alza respecto a las expectativas más desfavorables y decrecientes de hace algunos años (figura 1).

La imagen de los químicos

La imagen pública de la química vista a través de las personas que hacen la química, es decir, los químicos, no produce indicadores mucho más alentadores. La persona media de la calle tiene una imagen estereotípica de los científicos, en general. Los rasgos principales de este estereotipo del científico corresponden a un hombre, barbado, viejo, desaliñado, con bata blanca y gafas, trabajando en un laboratorio. El estereotipo del científico chiflado, menos frecuente, pero también muy extendido y más agresivo, añade algunos rasgos patológicos, como personas aisladas, asociales, que están frecuentemente enfadadas, y que practican esotéricas actividades alquimistas (Boylan, Hill, Wallace y Wheeler, 1992; Vázquez y Manassero, 1998; Mason, Kahle y Gard-

ner, 1991; Newton y Newton, 1992).

Otra fuente diferente de la imagen del químico, más fija y objetivada que las anteriores es la ingente producción artística, como la literatura, el cine y las imágenes, que tratan la figura del científico en su temática. La literatura refleja en sus textos una imagen del químico que se corresponde principalmente con el viejo arquetipo de los alquimistas, una persona con rasgos siniestros, peligrosa, callada, y posiblemente enfadada. Análogamente, el cine refleja habitualmente el estereotipo del científico reseñado antes, pero el detalle más importante a añadir aquí sería la elevada frecuencia con que el científico chiflado y malo tiene el perfil de un químico; por ejemplo, en las películas de horror, el protagonista es químico en 24% de los casos estudiados, mientras que otros tipos de científicos sólo son 10% de los casos. Los análisis de dibujos, clips e imágenes digitales reflejan también que los científicos malhumorados son químicos en la mitad de los casos estudiados. En suma, la imagen de los químicos aparece asociada con mayor proporción que otros científicos a los rasgos más negativos del estereotipo y es un factor más que se añade a la negativa imagen pública de la química (Ball, 2004).

No cabe duda del papel relevante que los medios de comunicación, con sus cualidades y defectos, juegan en la producción de estas imágenes públicas. Se ha dicho, con razón, que la normalidad no vende periódicos, y por ello, la prensa amplifica sistemáticamente el lado sensacionalista de las noticias o las noticias más sensacionales y negativas, en detrimento de lo demás. De ahí, que las consecuencias desastrosas relacionadas con la química constituyen una carnaza ideal para los medios. La cara oscura de esta predilección por lo sensacionalista, es que los desastres suelen ocupar las primeras páginas, mientras los grandes logros para la salud o el bienestar pasan a las páginas interiores, ocupan menos espacios y se reproducen con letras pequeñas. El resultado es que, desgraciadamente, se silencia la contribución y las ayudas positivas que la química, y la ciencia en general, aportan a la sociedad y al conocimiento. Esta discriminación en el tratamiento informativo hace que la imagen pública quede artificialmente sesgada y deformada hacia los aspectos negativos.

En el mundo y la sociedad actual existen numerosos grupos de interés y otros protagonistas (ecologistas, grupos anti-ciencia, sociólogos de la ciencia, etcétera) con un activismo importante en temas relacionados con CyT. Este activismo ejerce habitual-

mente una crítica frontal a la ciencia y tecnología establecidas, que practican a través de una presencia continuada, influyente e interesada en los medios, que gracias a su protagonismo sensacionalista y, a veces, demagógico, les proporciona un altavoz privilegiado. Este uso exacerbado de los medios por los activistas, complementado con la tradicional inhibición de los científicos, ha permitido a estos grupos ganar la batalla de la comunicación y la divulgación de la ciencia y la tecnología en los medios de comunicación. La facción académica de estos grupos en los departamentos de filosofía y sociología de las universidades ha llegado a elaborar afirmaciones desatinadas sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología en sus manifiestos, congresos, libros y revistas. A final del siglo XX esta situación ha desembocado en una vigorosa reacción de algunos científicos, a través de una serie de publicaciones y bromas, dirigidas a desenmascarar la impostura de estas posiciones anticientíficas, desencadenándose la denominada guerra de las ciencias (Gross y Levitt, 1994; Sokal y Bricmont, 1998).

En el caso de la química, un ejemplo de la actividad de estos grupos puede ser el documento denominado "Appel de París" que critica la contaminación química por su nocividad para la salud humana. El manifiesto empieza con una larga lista de declaraciones indiscutibles por su generalidad y después pasa a exponer una serie de posiciones sobre el tema, cuyo análisis riguroso desde el punto de vista químico muestra que algunas afirmaciones son inexactas científicamente (en pocas palabras, falsas); otras aseveraciones no son afirmaciones falsas, pero son presentadas de una manera tan tendenciosa que contribuyen decididamente al objetivo final de desprestigiar y reprochar indebidamente a los químicos presuntas responsabilidades. Por supuesto, en este tipo de documentos no se encuentra alusión crítica alguna acerca de los usos y conductas individuales irresponsables de los consumidores en relación con el tema (Ourreisson, 2004).

En suma, la negativa imagen pública de la química es un complejo que hunde sus raíces en una realidad histórica que no puede cambiarse, con sus luces y sus sombras. Pero también un componente importante de esta imagen es artificial, por estar basado en la posición preeminente de los grupos de presión y la disposición sensacionalista de los medios de comunicación, propias de las sociedades post-industriales modernas, favorecidas por el ancestral retraimiento de los químicos y científicos de estar

activamente presentes en los foros divulgación de la química y en los debates sociales.

La imagen de la química escolar

En el contexto actual de escolaridad obligatoria extendida a lo largo de muchos años (trece o más en muchos países desarrollados), el primer y último contacto reglado e institucional con el mundo de la ciencia y el mundo de la química para la mayoría de los ciudadanos tiene lugar a través de los currículos escolares. De ahí la importancia clave de la escuela para la cultura científica de una sociedad y la alfabetización científica individual de sus ciudadanos. Desgraciadamente, los datos disponibles sobre la influencia escolar en la cultura científica son decepcionantes. Los estudiantes más jóvenes sienten curiosidad por los contenidos más espectaculares de la ciencia, pero esta atracción está desconectada de la disciplina teórica que se le ofrece en la escuela, de manera que experimentan desequilibrios entre el placer que ofrece la experimentación práctica, las actividades de laboratorio y las propias preguntas que se plantean los estudiantes, por un lado, y la dificultad percibida del aprendizaje formal por otro. La ciencia escolar y también la química escolar son percibidas por los estudiantes, especialmente al final de la enseñanza obligatoria, como fuentes importantes de desarraigo (irrelevantes para la vida diaria, aburridas de estudiar, difíciles) y de ansiedad o temor hacia ellas por la dificultad de sus aprendizajes.

Algunos resultados provenientes de investigaciones diversas y estudios de evaluación internacionales ofrecen apoyo a estas percepciones. Los casi ocho mil estudiantes de trece años que cursaban séptimo y octavo de la antigua educación General Básica y encuestados en el Tercer Estudio Internacional en Matemáticas y Ciencias (1995) en España (Vázquez, 2000) consideran que la ciencia es importante para su vida personal (88%), disfrutaban con el estudio y aprendizaje de ciencia (70%), pero también una significativa proporción la consideran aburrida (32%), y muy pocos fácil de aprender (35%), dato que sugeriría complementariamente que un 65% que perciben la ciencia como difícil. Cuando se pregunta a los estudiantes sobre sus preferencias para realizar una carrera, comparando las diversas disciplinas científicas, las respuestas son desfavorables hacia la química, pues la biología (44%) es la más preferida, seguida de las demás, física (24%), química (19%) y geología (13%).

Atendiendo a los resultados del rendimiento

escolar evaluado por las pruebas del TIMSS (Third International Mathematics and Science Study, ahora denominado Trends in International Mathematics and Science Study), el rendimiento en química tampoco resulta bien parado. El rendimiento promedio internacional de química de secundaria en TIMSS 1995 es el más bajo entre las distintas áreas científicas; Biología es el área con más aciertos en ambos cursos de secundaria evaluados (53% y 59%), mientras el área de química resulta la más difícil tanto (43% y 51%). Los resultados españoles del TIMSS 2003 (con una muestra sólo del País Vasco) repiten un patrón similar al anterior; en todas las disciplinas científicas las puntuaciones por áreas son superiores a la media internacional (474 puntos): geología (506 puntos), medio ambiente (494 puntos), biología (492 puntos) y física (483 puntos), excepto para la química (472 puntos), que obtiene un resultado inferior a todas las demás y a la media general; además, la puntuación media de las chicas en química es todavía más baja. Este patrón es común en los países occidentales participantes. Aunque estos resultados no verifiquen estadísticamente ninguna hipótesis, marcan una sostenida y clara tendencia a la baja del rendimiento de química en secundaria.

Una consecuencia inmediata de esta imagen pública y escolar negativa de la química ya se nota en las aulas: la química, como disciplina académica y como profesión, está actualmente en recesión. El declive en el enrolamiento de químicos en la carrera de química y de estudiantes de secundaria en las asignaturas de química es parte de una tendencia actual que preocupa en la Unión Europea. Recientemente se ha publicado una monografía titulada "Europa necesita más científicos" que se hace eco de este problema (Gago, 2004). Hace unos años, la denominada estrategia de Lisboa ha planteado un objetivo de educación para 2010 que se refiere a incrementar el número de titulados en ciencia y tecnología en los países de la Unión, y especialmente de mujeres, para compensar el sesgo excesivamente androcéntrico de la ciencia y la tecnología y evitar la pérdida innecesaria y gratuita de mujeres con talento para la ciencia y la tecnología (Consejo de Europa, 2003).

Intereses y preferencias de los estudiantes respecto a la química

En este apartado se engloban los resultados de dos estudios empíricos, que forman parte de sendos proyectos internacionales denominados Science and

Scientists (SAS) y The Relevance of Science Education (ROSE) dirigidos desde la universidad de Oslo y donde han participado un conjunto de países (Schreiner y Sjøberg, 2004; Sjøberg, 2000, 2003; Sjøberg, Mehta y Mulemwa, 1996). El objetivo de estos proyectos era identificar las actitudes de los estudiantes relacionadas con la ciencia y la tecnología que resultan significativas para su aprendizaje en la escuela.

Algunos otros estudios han tocado también este tema de los intereses de los estudiantes en los temas de química. Osborne y Collins (2001) encontraron que los temas de interés en química son mezclar productos químicos, los olores y los colores y los elementos peligrosos, pero otros temas como la tabla periódica y los referidos a otras entidades intangibles y microscópicas (átomos, moléculas) eran vanos y estaban lejos de las preocupaciones de los estudiantes. Un resultado similar obtiene Reiss (2000), quien concluye una falta de interés hacia la química, ya que aunque algunos estudiantes pueden encontrar un poco de satisfacción intelectual en aprender sobre masas moleculares, por ejemplo, en general no consideran estos temas de química inteligibles ni pertinentes para sus vidas.

Estudio 1- SAS -

Este primer estudio, aplicado en 1996, empleó una muestra de 466 estudiantes de las Islas Baleares, cuya edad promedio es de 13,3 años y equilibrada según el género (50,2% chicas 49,8% chicos). Los resultados que se exponen aquí se refieren a los intereses y preferencias de los estudiantes hacia determinados temas de química. Se sometió a los estudiantes una lista de temas de ciencias sobre los cuales se les preguntaba si desearían saber más sobre cada tema, y la respuesta de los estudiantes se codificó dicotómicamente (sí/no). Los resultados reflejan el porcentaje de respuestas afirmativas obtenidas sobre los diversos temas de química (Sjøberg, 2002; Vázquez, 1996).

Para la muestra total, los temas que concitan más atención en el alumnado alcanzan porcentajes de respuesta afirmativa superiores a 75% y entre ellos no se encuentra ninguno de los temas de química; el tema referido a la capa de ozono tiene el interés más alto de todas (74%). Sin embargo, los temas que concitan menos interés del alumnado, tomado como porcentaje de corte las respuestas afirmativas totales inferiores a 40%, incluyen varios temas de química, a saber, detergentes y jabones, el efecto

invernadero, procesamiento, conservación y almacenamiento de alimentos y átomos y moléculas, por tanto, casi la mitad de los temas de química se encuentran entre los menos preferidos (tabla 1).

El análisis comparativo entre las diversas áreas científicas definidas con los temas del inventario, promediando las respuestas asignadas a los ítems que constituyen cada tema, muestra que el alumnado tiene la mayor curiosidad sobre los temas espacio y geología y la menor sobre los temas de física y química.

Ahora bien, las diferencias de género en las preferencias globales del tema química son las más pequeñas de todas las áreas de la ciencia. Las diferencias de género entre los temas de química son relativamente escasas, pues sólo tres ítems muestran diferencias estadísticamente significativas; en dos de ellos (átomos y moléculas y productos químicos) los chicos exhiben una mayor preferencia, mientras las chicas prefieren más el otro (comida sana para una mejor salud). Los porcentajes medios del conjunto de ítems de química para chicas y chicos no muestran diferencias de género, resultado característico de la química, pues todas las demás áreas exhiben grandes diferencias de género, favorables a los chicos en el caso de tecnología, espacio, geología y física, y favorables a las chicas en el interés por los temas de biología.

Estudio 2. ROSE

El segundo estudio se aplicó en 2004 con una muestra de 660 estudiantes de las Islas Baleares, cuya edad promedio es de 16,3 años y aproximadamente equilibrada según el género (54% chicas, 46% chicos). Una lista de temas de ciencias se sometió a la valoración de los estudiantes bajo la pregunta ¿Desearías saber más sobre este tema? y los estudiantes respondían, graduando su interés en aprender, sobre una escala Likert de cuatro puntos (1) Nada (2) Poco (3) Bastante (4) Mucho. Para representar la respuesta sobre cada tema, se emplea el promedio ponderado de puntuaciones entre todos los alumnos sobre una escala entre 1 y 4, cuyo punto central es la puntuación 2,5. Los resultados que se exponen aquí se refieren a los intereses y preferencias de los estudiantes hacia determinados una lista de temas de química, sometida a la valoración de los estudiantes (Schreiner y Sjoberg, 2004; Vázquez y Manassero, 2004).

El promedio global de toda la muestra en los temas de química ($M = 2,34$ puntos, $DE = 0,91$) constituye un indicador global del interés específico

Tabla 1. Preferencias de los estudiantes baleares ($N = 466$) sobre los temas de química del estudio Science and Scientists (SAS).

ITEMS	Chicas	Chicos	Total	Significación
13. Cómo calentar y cocinar los alimentos lo mejor posible	45,3	42,2	43,7	0,5656
14. Qué deberíamos comer para tener mejor salud	77,6	63,9	70,8	0,0018
16. Detergentes, jabones y cómo actúan	17,7	23,5	20,6	0,1531
36. El efecto invernadero y cómo puede ser afectado por los humanos	34,5	40	37,2	0,2583
37. La capa de ozono, cómo nos protege del sol y cómo puede ser afectada por los humanos	77,2	70,09	74	0,1514
51. Procesamiento, conservación y almacenamiento de alimentos	25	27,4	26,2	0,6322
54. Cómo tener agua potable limpia y segura	78,4	74,8	76,6	0,4117
68. Átomos y moléculas	21,6	40,4	31	0,0000
69. Productos químicos y sus propiedades	42,4	59,6	51	0,0003
Total	46,6	49,2	47,9	

Tabla 2. Preferencias de los estudiantes baleares ($N = 660$) sobre los temas de química del estudio The Relevance of Science Education (ROSE).

TEMAS de QUÍMICA	Media (1-4)	Desv. Estd.
39. Cáncer, lo que sabemos y cómo tratarlo	3,14	0,87
38. Cómo controlar epidemias y enfermedades	2,87	0,85
34. Las armas biológicas y químicas y sus efectos sobre el cuerpo humano	2,59	0,96
32. Cómo funciona la bomba atómica	2,57	1,05
2. Capacidad de lociones y cremas para mantener la piel joven	2,57	1,02
33. Explosivos	2,45	1,06
27. Los riesgos y los beneficios de los aditivos alimentarios	2,40	0,85
26. Cómo las industrias químicas mejoran la vida, pero también causan contaminación	2,23	0,85
2. Productos químicos, propiedades y cómo reaccionan	2,12	0,83
5. Cómo mejorar la cosecha en jardines y granjas	2,12	0,87
19. Cómo se ha desarrollado el conocimiento sobre los átomos y otras cosas que no podemos ver	2,02	0,95
11. Cómo funciona una planta de energía nuclear	2,02	0,92
18. Los átomos y las moléculas	1,85	0,90
14. Los detergentes y jabones y cómo funcionan	1,85	0,81
Media	2,34	0,91

hacia la química (tabla 2). En este caso, el valor es negativo, pues es inferior a 2,5 puntos (punto central de la escala), de modo que representaría una actitud global negativa de los estudiantes. Como referencia para enmarcar este resultado, la media global de los 117 ítems que forman la lista inventario completa sobre todos los temas de ciencias (biología, geología, física, tecnología, universo y ciencia-tecnología-sociedad) es 2,54 puntos (DE = 0,88), una actitud aproximadamente intermedia, neutral, ni positiva ni negativa. En relación con este valor medio global, el interés hacia la química queda claramente por debajo, de modo que los temas de química interesan menos que la media de los temas de ciencia en general.

Comparando con las distintas especialidades de ciencias citadas (biología, geología, física, tecnología, universo y ciencia-tecnología-sociedad), los temas de química obtienen la puntuación mínima, que los sitúa a la cola de las preferencias de los estudiantes; en este caso la química está acompañada por física y geología, con puntuaciones medias similares, aunque éstas tienen puntuaciones ligeramente superiores.

Sólo dos temas (cáncer y control de epidemias y enfermedades) sobrepasan el punto medio de la escala, obteniendo puntuaciones en la zona positiva de las valoraciones de interés hacia estos dos temas. Ambos temas están relacionados con aspectos de la salud, que son los temas relacionados con la ciencia que generan también un mayor interés en el público general.

Como se observa, la formulación de la mayoría de temas es contextualizada, de manera que no sólo indica el contenido químico (i.e. aditivos alimentarios), sino que estos contenidos están enmarcados en una orientación específica (i.e. riesgos y beneficios de los aditivos) que tiene una relación directa con la importancia e interés del contenido químico sobre la vida diaria. Un resultado que aparece y se observa también en los resultados expuestos es la influencia del contexto sobre el interés de los estudiantes respecto a los diferentes temas. Así, la cuestión referida a la “capacidad de lociones y cremas para mantener la piel joven” (media 2,56; DE = 1,02) y “los detergentes y jabones y cómo funcionan” (M = 1,87; DE = 0,81) plantean contenidos químicos similares, pero en el primer caso, el contexto de la pregunta es de mayor relevancia para los adolescentes (cuidado de la piel), mientras que el segundo se trata de una formulación académica más neutral e insulsa para los estudiantes. Los estudiantes, obviamente,

prefieren mejor el tema contextualizado en un marco que añada relevancia para ellos, respecto al tema sin contextualizar.

Análogamente, la influencia diferencial del contexto se puede observar también en otras dos cuestiones que plantean el mismo tema, y obtienen diferente interés empírico de los estudiantes. La cuestión referida a “cómo se ha desarrollado el conocimiento sobre los átomos y otras cosas que no podemos ver” (M = 2,09; DE = 0,95), y la cuestión referida a “los átomos y las moléculas” (M = 1,90; DE = 0,90) corresponden aproximadamente al mismo contenido conceptual de química, pero que se plantea en cada una de ellas desde distintas perspectivas. Mientras el último corresponde a una aséptica y estricta presentación académica y científica, que podría ser el título de este tema en cualquier libro de texto actual, el primero plantea la cuestión desde una perspectiva motivadora y desafiante para el estudiante (¿Cómo se puede conocer lo que no podemos ver?). Estos valores muestran que los estudiantes prefieren estadísticamente el planteamiento contextualizado frente al enunciado puramente académico, aunque el tamaño de las diferencias (aproximadamente 0,20 DE) es moderado. En suma, aunque se pueda despreciar la contextualización de los temas, porque no es estrictamente científica o no añade nada esencial al contenido científico, los resultados empíricos demuestran que sí son importantes para los estudiantes.

Discusión y conclusiones

Los datos analizados en este artículo, provenientes de diversas encuestas de ámbito europeo, muestran una imagen pública de la química negativa porque está ligada históricamente a los abusos de la industria química, tales como la insalubridad para las personas, la nocividad para el medio ambiente (vertidos, contaminación, etcétera) y los riesgos para la población, por la peligrosidad de los productos que manipulan y producen y que han ocasionado grandes desastres humanos en accidentes y catástrofes. La mejora de esta imagen pasa por dos frentes: buena y sincera comunicación de los logros y contribuciones de la química y una mejor educación (alfabetización) química.

Clarificar y actualizar la realidad actual de la industria química, reconocer sus esfuerzos económicos y científicos para prevenir riesgos y contaminación y subrayar la relación de la química con las industrias de medicamentos y los avances bioquími-

cos son sólo algunos aspectos de la anteriormente citada atención a la naturaleza de la química que pueden ayudar a romper esta relación perversa entre química e industria, y ampliar los horizontes y fomentar una imagen más realista y positiva de la química actual. La industria química es en la actualidad un sector decisivo en los países desarrollados, que ofrece millones de puestos de trabajo directos en todo el mundo y contribuye decisivamente a la innovación y el desarrollo en otros sectores económicos claves como el farmacéutico, el automovilístico o la construcción.

La industria química debe esforzarse por disminuir su impacto ambiental y mejorar su imagen, no sólo a través de la legítima presencia en los medios para comunicar bien sus logros, sino también colaborando con el esfuerzo de la educación científica a través de la química. Ejemplos de la primera línea de acción sería el caso bien conocido de una industria americana fabricante de explosivos en la Segunda Guerra Mundial, que logró cambiar radicalmente su negativa imagen pública con el popular eslogan “Mejores cosas para vivir mejor gracias a la química”; en esta misma línea se colocan hoy mensajes como “objetivo: emisiones cero” de una conocida marca automovilística, “ciencia para una vida mejor”, “dieta baja en carbono” o “reduciendo las emisiones de efecto invernadero” de sendas compañías petroleras, acompañadas de las correspondientes pruebas técnicas de los eslóganes. En el segundo caso, también existen manifestaciones educativas que evidencian que la industria química se implica en financiar proyectos de educación química innovadores. Entre ellos los más conocidos son el proyecto CEPUP (Thier y Hill, 1988) y su versión española el programa APQUA (Medir y Abelló, 1999), el programa ChemCom de química en la comunidad (American Chemical Society, 2001), el proyecto “Química para la vida” patrocinado por un consorcio europeo (CEFIC, 1997) o los más recientes proyectos Salters (Science Education Group, 2005 a, b).

La consecuencia más tangible de las actitudes negativas y la falta de interés de los estudiantes hacia la ciencia, en general, y hacia la ciencia escolar y hacia la química, en particular, es la huida de los estudiantes de las opciones de ciencias y de las carreras científicas y tecnológicas. La carencia de los científicos y los técnicos necesarios para mantener la competitividad y el desarrollo económico puede estrangular el bienestar social y esta cuestión acuciante se ha convertido en una grave preocupación

en Europa, como ha visualizado la conferencia “Europa necesita más científicos” (Gago, 2004), hasta el punto que uno de los objetivos educativos propuestos para el año 2010 por la Comisión Europea en la denominada estrategia de Lisboa, es incrementar la proporción de titulados superiores en ciencia y tecnología.

Las propuestas de acción específicas para revertir esta negativa situación, que nace de la falta de interés y actitudes negativas de los estudiantes y el público, deberían actuar a todos los niveles sociales, pero la escuela, y la educación que se imparte en ella es, sin duda, el marco de referencia más adecuado para influir en este estado de cosas, dado que los jóvenes se pasan más de una docena de años en la institución escolar. En el marco de esta educación generalizada para todos, la primera innovación que debe afrontar la educación científica debe ser cambiar el objetivo principal de la educación en ciencia y tecnología, desde la educación no inclusiva para preparar científicos (objetivo propedéutico), hacia una educación química inclusiva para la alfabetización científica de todos los ciudadanos; en otras palabras, priorizar la formación de ciudadanos científicamente cultos, que contribuye a los objetivos de la educación general, y que además pueden seguir estudios científicos (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005).

El futuro de la educación química pasa por la discriminación clara entre la química para científicos, caracterizada por ser una educación cuyo objetivo es enculturar a los estudiantes en el sistema de ciencia (educación para formar científicos o químicos), y la química para todos, cuyo objetivo es la alfabetización científica para todos, de modo que la enculturación en la sociedad / comunidad tenga prioridad respecto a la enculturación prematura en la subcultura de la química (Aikenhead, 1996). Ello requiere un cambio radical en el currículo de química que debe convertirse en un instrumento para incitar, motivar y estimular la curiosidad, ofrecer temas y cuestiones interesantes para los estudiantes y plantear problemas relevantes para la vida personal y social. Para estas finalidades, se ha sugerido que enseñar ciencia para la alfabetización requiere un currículo humanista con énfasis definido, según los diversos cursos y ciclos, para satisfacer mejor las necesidades emocionales individuales (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005). En los cursos de la enseñanza obligatoria y en las modalidades de asignaturas específicamente diseñadas para estudiantes

que no desean ser científicos, o que no están en el camino de educación para científicos, el enfoque dominante debe ser, obviamente, el segundo; una química con forma de ciencia integrada o humanista es la más apropiada para desarrollar y alcanzar este objetivo. En los cursos y asignaturas diseñadas específicamente para los estudiantes que desean ser científicos, el enfoque debe ser el primero; la enseñanza de la química tradicional, cuyo énfasis se sitúa en la dimensión cognitiva de la química, el dominio de conceptos y procedimientos, es la más apropiada para desarrollar y alcanzar este objetivo. Históricamente, sin embargo, la enseñanza de la química para científicos ha sido y aún es hoy día el enfoque dominante en las aulas por múltiples razones (comodidad, sencillez, inercia, reproducción de esquemas recibidos, etc.) que en la mayoría de los casos responde en realidad a una sola: la enculturación básica y dominante de los profesores en la lógica de la química durante su formación inicial, lo cual nos conduce a otra cuestión recursiva como es la formación del profesorado.

El reto fundamental de la enseñanza de la ciencia en general, y de la educación química en particular, es atender las necesidades afectivas y emocionales de los estudiantes en el aprendizaje, en particular, hacerla suficientemente gratificante para los estudiantes, como sentenció Peter Fensham (2004). El interés es, sin duda, una buena base de partida para que los estudiantes encuentren gratificación en sus experiencias y actividades. La gratificación no sólo surge de las gratificaciones obtenidas, sino también de la evitación de las experiencias perjudiciales para la autoestima personal, como el caso de las experiencias de fracaso en las actividades y tareas en la educación química, tan frecuentes en el enfoque propedéutico, y fomentar las experiencias de éxito.

Eliminar las experiencias de fracaso es otro punto estratégico que debería afrontar directamente la educación química y acabar con el mito de la dificultad percibida de la química. La química resulta difícil para los estudiantes porque implica realizar unas actividades abstractas y descontextualizadas, inmersas en la subcultura científica, pero irrelevantes para ellos porque están desarraigadas de la vida diaria e intereses personales de los estudiantes. Popularizar la química entre los estudiantes no significa sucumbir a los deseos fáciles o a la comodidad, sino aprovechar los intereses y atractivos naturales para desarrollar el currículo químico desde perspectivas que,

resultando relevantes e interesantes, permitan aprender significativamente. En este aspecto, la incorporación de contextos al aprendizaje de los contenidos químicos y la metodología general de los denominados enfoques ciencia-tecnología-sociedad pueden constituir una guía de desarrollo de cualquier tema: partiendo de un interés o problema de la vida real, se examinan algunas de las tecnologías que se aplican en ese problema, para desde ellas avanzar hacia las leyes o conceptos químicos implicados; desde estos principios, se pueden vislumbrar nuevas tecnologías posibles, que ofrezcan nuevas ventajas o eviten los inconvenientes de las actuales, pero que también pueden aportar nuevos riesgos para la sociedad (Vázquez, 1999).

También ayudará a promocionar el éxito y evitar el fracaso diseñar criterios y estándares de evaluación centrados en el éxito, para incluir y no para excluir. Estos elementos constituyen un indicador definitivo de una educación química que promueva el éxito en la alfabetización para todos.

Otra dirección de cambio e innovación en la educación química para afrontar su imagen negativa deberían pasar por modificar el currículo en un nuevo sentido: ampliar los horizontes de la materia, no encerrarse en los contenidos clásicos (viejos) de la propia área de especialización, modernizarlos y comunicarlos con otras áreas afines. Se ha dicho, con razón, que en la escuela actual, los profesores, formados en el siglo XX, enseñan contenidos de siglos muy pasados (XIX o anteriores) a alumnos del siglo entrante XXI (Gómez, 2005; Monereo y Pozo, 2001). Los estudiantes no sólo deberían aprender los hechos y conceptos propios de la química, sino también algo “sobre” la química, es decir, sobre las características de la química como una vía de acceso al conocimiento científico y sobre las áreas de vanguardia en el desarrollo de la química. Deberían conocer cuál es el estatus epistemológico e histórico de la química, cómo proceden los químicos para obtener sus conocimientos, para publicarlos y para hacerlos llegar a los consumidores, cómo se usa la química en la vida ordinaria y cómo afecta a la vida de la gente, etc. En otras palabras, el profesorado debe enseñar, y el alumnado debería aprender, algo sobre la naturaleza, historia e influencia social de la química como ciencia, que es un componente indispensable de la denominada alfabetización científica, un objetivo básico tanto para la minoría que podrán ser científicos, pero especialmente para satisfacer las expectativas de

la mayoría que no volverá a estudiar química (Acevedo *et al.*, 2003).

El objetivo es que todos los estudiantes alcancen la alfabetización científica, como condición clave de una ciencia para la ciudadanía que debe atender las necesidades, los intereses individuales y colectivos de los estudiantes. Aunque existen diversas formas de interpretar y entender la alfabetización científica, esta debe ser ante todo funcional, es decir, una alfabetización que permita al ciudadano medio una comprensión pública de la ciencia suficiente para participar informadamente en la toma de decisiones sobre cuestiones públicas de carácter general (Kolstø, 2001).

Las relaciones CTS, entre CyT y la sociedad, deben formar parte esencial del currículo científico aportando la discusión de problemas socio-técnicos reales y con incidencia e importancia para la sociedad y la educación para la toma de decisiones en temas socio-científicos. Estas relaciones implican también una enseñanza explícita de la historia, la epistemología y la sociología de la química y con énfasis especial en los aspectos actitudinales relacionados con la química (Acevedo *et al.*, 2003). La educación química debe enseñar conocimientos, procedimientos y actitudes, pero el énfasis no debe estar en los primeros, sino en las últimas, las actitudes que dirigen la conducta.

En los párrafos anteriores se han dibujado algunas pinceladas sobre las características que debería tener un currículo de química para la alfabetización; este currículo planificado debe ser después desarrollado en el aula por cada profesor. El profesor de química, que desarrolla y evalúa el currículo en el aula, es siempre el factor de calidad decisivo de la enseñanza de la química. Las clases de química deben tener unas características orientadas a captar el interés y la curiosidad de los estudiantes, para lo cual la creatividad del profesorado debería ser capaz de combinar activamente algunos de los citados elementos. La clase debe tener una estructura narrativa coherente y asequible, adaptada a los estudiantes; las actividades de aula deben permitir a los estudiantes hablar y razonar la química, cooperar en pequeños proyectos de investigación, intercambiar experiencias, discutir los problemas y resultados, etc. El enfoque CTS requiere una presentación histórica (historia de la química, biografías de químicos) y contextualizada de los hechos y conceptos (presentar en contexto los aspectos positivos y negativos de la química, estudiar problemas químicos con inciden-

cia social, etc.), y plantear temas y cuestiones relativas a la naturaleza de la química, desgraciadamente ignoradas o relegadas en la mayoría de los planes de estudios y aulas de química, tales como algunas cuestiones epistemológicas básicas, el rol de los científicos, la influencia de la química sobre la sociedad y viceversa, etc. Ni qué decir tiene que la evaluación educativa debe adaptarse a estas características contextualizadoras y motivadoras de la educación química. En suma, la educación química debe por ofrecer a los estudiantes una educación relevante, interesante y valiosa, para las necesidades, preocupaciones y experiencias personales de los estudiantes y para el bien y mejora de la sociedad. Algunos ejemplos de las etiquetas de las unidades del programa Salters (desarrollo de combustibles, ¿qué hay en una medicina? o historia del acero) o del programa APQUA (los plásticos en nuestra sociedad, contaminación del agua en Vallfrondoso o ¿qué ponen en los dulces?) recuerdan el énfasis en el contexto de los conceptos químicos para motivar e interesar a los estudiantes.

La exigencia de cambiar este planteamiento tradicional, basado en el enfoque propedéutico y olvidando la dimensión afectiva, tan extendido, en la educación obligatoria, no es baladí, antes al contrario. La primera y más grave decisión que debe tomar un profesor de química en la enseñanza obligatoria se refiere a esta cuestión: explicar química para la minoría que serán científicos, perdiendo a la mayoría, o explicar para que la mayoría accedan con el interés y la motivación suficientes a la alfabetización química básica y desarrollen la capacidad de mantener su interés por los temas relevantes de química a lo largo de toda la vida. Carl Sagan, en su libro *El mundo y sus demonios* se refiere a esta responsabilidad de la educación científica en términos escabrosos:

“Hemos preparado una civilización global en la que los elementos más cruciales transportes, comunicaciones e industrias dependen profundamente de la ciencia y la tecnología. También hemos dispuesto las cosas de modo que nadie entienda la ciencia y la tecnología. Esto es una garantía de desastre. Podíamos seguir así una temporada, pero antes o después esta mezcla combustible de ignorancia y poder nos explotará en la cara” (Sagan 1997, p. 42).

En todo caso, este cambio innovador global implica sucesivas y múltiples decisiones de desarrollo del currículo. Aunque estas decisiones afectan a l s

niveles macro administrativos, en último término, su aplicación práctica en las escuelas requiere las decisiones específicas de aula que son responsabilidad del profesorado de química, de modo que la importancia determinante del profesorado como factor de calidad de la educación química es incuestionable.

En suma, aunque en nombre de los estándares y los programas muchos creen todavía que debe seguirse educando en química para formar pequeños científicos, la reflexión sobre las evidencias existentes hoy en la opinión pública y la investigación didáctica apoyan las líneas de innovación sugeridas: en la educación obligatoria, se debe enfatizar la contribución de la educación química, integrada en el marco general educativo, para la consecución de los objetivos generales de la educación (ciencia para todos); en la educación especializada, atender el objetivo propedéutico (Aikenhead, 2005). Desde los primeros estadios de la educación científica, la columna vertebral de los objetivos educativos debe ser el cultivo prioritario del ámbito afectivo de la educación en química, que engloba la curiosidad, los intereses y las actitudes positivas, la experiencia de éxito y la motivación de los estudiantes hacia la química. Las líneas de desarrollo curricular para la enseñanza de la química basadas en la investigación didáctica enfatizan los contenidos curriculares enfocados desde una perspectiva más amplia y contextualizada, donde se incluyen aspectos humanísticos, sociales y reales de la química, donde no deben faltar especialmente los temas de naturaleza de la ciencia y del medio ambiente, la necesidad de realizar trabajos prácticos y una evaluación de los aprendizajes coherente y adecuada a los objetivos perseguidos. La orientación ciencia-tecnología-sociedad ofrece un marco metodológico adecuado para la aplicación en el aula de estas líneas de innovación (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). ▀

Referencias

- Acevedo, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A., Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 2003, consultada por última vez en noviembre 1, 2005 en la URL <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Aikenhead, G.S., Science education: Border crossing into the subculture of science, *Studies in Science Education*, 27, 1-51, 1996.
- Aikenhead, G.S., *Review of research on humanistic perspectives in science curricula*, Comunicación presentada en la 4ª Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Research and the Quality of Science Education, Noordwijkerhout, The Netherlands, 2003, consultada por última vez en mayo 27, 2005, en la URL http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf
- Aikenhead, G.S., Research into STS Science Education, *Educación Química*, 16(3), 384-397, 2005.
- American Chemical Society, *Chemistry in the Community (Chem-Com)*, 4th edition, New York, USA, W. H. Freeman publishers, 2001. La versión del estudiante puede obtenerse de la URL http://www.whfreeman.com/highschool/book.asp?disc=&id_product=1124001763&compType=PREV (consultada en noviembre 11, 2006).
- Ball, P., *Chemistry in XXth-century novels*, Comunicación presentada en International Conference "The Public Images of Chemistry in the Twentieth Century", Paris, 17-18 September, 2004, consultada por última vez en noviembre 6, 2005, de la URL <http://www.hyle.org/service/chmc2004/abstracts.html#ball>
- Bernal, J.D., *Historia social de la ciencia*, Ediciones Península, Barcelona, 1979.
- Boylan, C.R., Hill, D.M., Wallace, A.R. y Wheeler, A.E., Beyond stereotypes, *Science Education*, 76, 465-476, 1992.
- CEFIC-European Chemical Industry Council, Pan European Survey, Image of the Chemical Industry 2004, 2004, Consultada por última vez en septiembre 15, 2005, de la URL http://www.cefic.be/Files/Publications/PES_04_Ex_Summ.doc
- CEFIC-European Chemical Industry Council, CHEMistry for Life Project, 1997, Consultada por última vez en septiembre 15, 2005, de la URL <http://www.chemforlife.org/>
- Consejo de Europa, Conclusiones del Consejo de 5 de mayo de 2003 sobre los niveles de referencia del rendimiento medio europeo en educación y formación, *Diario Oficial C 134* de 7.6.2003, Consultada por última vez en agosto 10, 2005, de la URL <http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/cha/c11064.htm>
- Donnelly, J.F., Humanizing Science Education, *Science Education*, 88, 762-784, 2004.
- EC European Commission - Research Directorate-General, *EU-ROBAROMETER 55.2 Europeans, science and technology*, EC, Brussels, 2001.
- Echeverría, J. (coord.), *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España - 2004*, Fundación Española de Ciencia y Tecnología, Madrid, 2005.
- Elena, A., Ordóñez, J. y Colubi, M. (comps.), *Después de Newton: ciencia y sociedad durante la Primera Revolución Industrial*, Anthropos, Barcelona, 1998.
- Fensham, P.J., Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education, en R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (editores), *Science and Technology Education for a Diverse World—dilemmas, needs and partnerships* International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium Proceedings, Maria Curie-Skłodowska University Press, Lublin, Poland, 2004, pp. 23-25.
- Gago, J. M. (coord.), *Increasing human resources for science and technology in Europe*, report presented at the European Community conference Europe Needs More Scientists, Bruselas, Abril 2, 2004, consultada por última vez en noviembre 7, 2005 de la URL http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/sciprof/publications_en.html
- Gómez, M.A., La enseñanza y el aprendizaje de la Química en Secundaria: A la búsqueda de unos contenidos para el siglo XXI, Ponencia presentada en las Jornadas sobre la Enseñanza de la Química, Palma de Mallorca, octubre, 2005.
- Gross, P. y Levitt, N., *Higher superstition: The academic left and its*

- quarrels with science*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1994.
- Kolsto, S.D., Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues, *Science Education*, **85**, 291-310, 2001.
- Mason, C.L., Kahle, J.B. y Gardner, A.L., Draw-a-scientist test: Future implications, *School Science and Mathematics*, **91**, 193-198, 1991.
- Medir, M. y Abelló, M., APQUA: un proyecto CTS a partir de los productos químicos, *Revista Pensamiento Educativo*, **24**, 269-294, 1999, Consultada por última vez en julio 20, 2005 de la URL <http://www.etseq.urv.es/APQUA/Catala/inici.htm>.
- Monereo, C. y Pozo, J. I., Un currículo para aprender, Profesores, alumnos y contenidos ante el aprendizaje estratégico, En C. Monereo y J. I. Pozo (coord.), *El aprendizaje estratégico, Enseñar a aprender desde el currículo*, AULA XXI Santillana, Madrid, 2001, pp. 11-25.
- Moreau, J., Public images of chemistry, *Chemistry International*, **27**(4), 6-9, 2005.
- Newton, D.P. y Newton, L.D., Young children's perceptions of science and scientists, *International Journal of Science Education*, **14**(3), 331-348, 1992.
- Oourrisson, G., *The 'Appel de Paris' - Chemistry as viewed by other scientists*, Comunicación presentada en International Conference "The Public Images of Chemistry in the Twentieth Century", Paris, 17-18 September 2004, Consultada por última vez en noviembre 6, 2005 de la URL <http://www.hyle.org/service/chmc2004/abstracts.html#ourrisson>
- Sagan, C., *El mundo y sus demonios*, Ediciones Planeta S.A., Barcelona, 1997.
- Science Education Group of the University of York, *Salters Advanced Chemistry materials, Chemical Storylines*, Heinemann Educational Publishers, Oxford, 2005a, consultada por última vez en octubre 8, 2005, de la URL <http://www.york.ac.uk/org/seg/salters/chemistry/index.html>
- Science Education Group, University of York, *Salters Advanced Chemistry materials, Chemical Ideas*, Oxford, Heinemann Educational Publishers, 2005b, consultada por última vez en octubre 8, 2005, de la URL <http://www.york.ac.uk/org/seg/salters/chemistry/index.html>
- Schreiner, C. y Sjøberg, S., *Optimists or pessimists? How do young people relate to environmental challenges?* Comunicación presentada en ESERA 2003 Conference, Agosto 19-23, 2003, Noordwijkerhout, The Netherlands.
- Schreiner, C. y Sjøberg, S., *Sowing the seeds of ROSE, Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) - a comparative study of students' views of science and science education*, Acta Didactica, University of Oslo, Oslo, Norway, 2004.
- Sjøberg, S., *Science And Scientists: The SAS study, Cross-cultural evidence and perspectives on pupils interests, experiences and perceptions - Background, Development and Selected results*, Acta Didactica, University of Oslo, Oslo, Norway, 2000.
- Sjøberg, S., *Science for the Children? Report from the Science and Scientists project*, Acta Didactica, University of Oslo, Oslo, Norway, 2002.
- Sjøberg, S., *ROSE information documents*, University of Oslo, Oslo, 2003, Consultada por última vez en 18 noviembre 2004 en http://folk.uio.no/sveinsj/ROSE_files.htm
- Sjøberg, S., Mehta, J. y Mulemwa, J., *Science and Scientists*, Oslo, Autor, 1996.
- Sokal, A. y Bricmont, J. *Intellectual impostures: Postmodern philosophers' abuse of science*, Profile, London, 1998. [Traducción de J.C. Guix Vilaplana, *Imposturas intelectuales*, Paidós, Barcelona, 1999].
- Thier, H.D. y Hill, T., Chemical education in schools and the community: The SEPUP Project, *International Journal of Science Education*, **10**(4), 421-430, 1988.
- Vázquez, A., Actividades y preferencias relacionados con la ciencia en estudiantes de secundaria, *Revista de Ciència*, **19**, 107-115, 1996.
- Vázquez, A., Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad, *Boletín del Colegio de Doctores y Licenciados de Baleares*, mayo, 25-35, 1999, Consultada por última vez en noviembre 11, 2003, de la URL <http://www.cdlbaleares.com/cts.htm>.
- Vázquez, A., *Análisis de los datos del tercer estudio internacional de Matemáticas y Ciencias (TIMSS) desde la perspectiva del sistema educativo español*, Memoria final de investigación, MEC-CIDE, Madrid, 2000.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A. y Manassero, M.A., Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **4**(2), consultada por última vez en octubre 30, 2005, de la URL <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Vázquez, A. y Manassero, M.A., Dibuja un científico: imagen de los científicos en estudiantes de secundaria, *Infancia y Aprendizaje*, **81**, 3-26, 1998.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A., Imagen de la ciencia y la tecnología al final de la educación obligatoria, *Cultura y Educación*, **16**(4), 385-398, 2004.