

La química, con nosotros. Una propuesta desde Nepantla¹

«Aunque existe una necesidad perenne de enseñar a los jóvenes que posteriormente harán ciencia, éstos siempre serán una minoría. Es más importante enseñar la ciencia a quienes deberían reflexionar sobre ella, y esto incluye a casi todos, especialmente a los poetas, pero también a los músicos, filósofos, historiadores y escritores. Por lo menos algunos de éstos podrán imaginar estratos de significado que se nos escapan al resto».

José Antonio Chamizo
Andoni Garritz

propuesta para que profesores y profesoras lo incorporen paulatinamente en el aula.

(Tomas, 1982)

Introducción

PREOCUPA Que la proporción de bachilleres que elige una carrera de orden científico o tecnológico disminuya paulatinamente en todo el mundo. En el área de la química, por ejemplo, en el período de 1970 a 1990, que coincide con la explosión de la matrícula del nivel superior, dicha proporción bajó en México de 10% a 4% del alumnado. Esta reducción es doblemente crítica cuando se razona que el sector químico es uno de los más dinámicos de la producción en los países de Iberoamérica, aún en etapas de crisis económica. En este artículo presentamos ideas sobre la génesis de esta situación, la irrupción del nuevo paradigma Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza y una

Los cursos sobre «los principios de química»

Debido al crecimiento exponencial de la información química, hacia el principio de la década de los sesenta los tratados de química rebasaban el millar de páginas (Partington 1952; Bargalló 1962). Así, durante los años sesenta se realizaron, en los Estados Unidos e Inglaterra, tres estudios importantes tendientes a reorganizar los cursos universitarios, alrededor de lo que se denominó un conjunto de «principios de química», con lo que se construyó un nuevo paradigma (Pimentel 1988):

1. CBA, Chemical Bonding Approach (Strong 1966).
2. CHEMS, Chemical Education Material Study (Pimentel 1966).
3. Fundación Nuffield (Nuffield 1969).

En virtud de la conmoción por el lanzamiento del *Sputnik* soviético, la educación científica sajona

¹ Nepantla. Tierra natal de Juana de Asbaje (sor Juana Inés de la Cruz), que en lengua náhuatl significa «tierra de enmedio», por estar dicho pueblo a la mitad entre los dos volcanes que contemplan la ciudad de México: el Popocatepetl y el Ixtaccihuatl.

se movió hacia un paradigma que pretendió abolir el carácter enciclopédico de la enseñanza previa, al presentar al alumnado un extracto de los fundamentos en los que descansa la comprensión de los fenómenos químicos. De esta manera, se dio énfasis a temas como estructura atómica y molecular, equilibrio, termodinámica y cinética química, como preámbulo necesario para comprender y predecir el comportamiento químico. En adición, se dotó al laboratorio de un sentido más creativo. Como proyectos paralelos aparecieron los correspondientes a otras ciencias, como la física (PSSC) y la biología (BSSC), de tal manera que se trató de una revolución en toda la enseñanza de las ciencias, con impacto a nivel mundial.

Siguiendo este modelo, el giro que tomó la educación química en los años sesenta repercutió notablemente en la orientación de la educación. Aunque su diseño original pretendió aplicarse sólo en los primeros cursos universitarios, pronto el modelo se derramó hacia los preparatorios, en un momento que coincidió con la ampliación explosiva de la oferta de educación en toda Iberoamérica.

Después de años de aplicación, ha salido a relucir la debilidad central de este esquema: el péndulo se llevó demasiado lejos hacia el lado de los fundamentos teóricos, con el abandono relativo de los principios empíricos de la ciencia. En el caso de la química, desde 1976 son abundantes las citas acerca de lo necesario de retomar su carácter descriptivo y fenomenológico (Fargo 1976; Gillespie 1976; Basolo 1980; Hudson 1980). Reproducimos un ejemplo reciente del impacto que tuvo abandonar la presentación de aspectos de química descriptiva en la enseñanza francesa (Dyer 1989):

«Las ciencias físicas y químicas son la mate-

ria menos apreciada en los liceos franceses, donde los alumnos reconocen que, tal como son enseñadas, están destinadas sólo a los futuros alumnos de las secciones científicas».

Con la explosión de la matrícula y la aparición de nuevas instituciones educativas en los años setenta, muchos de los profesionales formados dentro del esquema de «Los Principios» se convirtieron en docentes, y su influencia llegó a permear todo el sistema educativo. Quizá lo único que en nuestro medio no se pudo copiar a conciencia fue el laboratorio creativo, por la insuficiencia de recursos. La influencia de estas innovaciones terminó por convertirse en negativa debido tanto a que el profesorado no estaba preparado para afrontarlas, como a que las alumnas y los alumnos de estos niveles no contaban con el desarrollo psicogenético necesario para construir ese conocimiento abstracto.

En esta falla del paradigma de «Los Principios» radica, al menos en parte, la causa de que la ciencia haya perdido su atractivo para los jóvenes, esa faceta motivadora en el pasado: la fenomenológica, experimental e industrial, explicativa del acontecer cotidiano y de la misma naturaleza. Como lo indicamos en un amplio estudio, el alumnado del bachillerato percibe que «la química no sirve para nada» (Chamizo 1990). En la misma dirección, y ahora desde una perspectiva de investigación etnográfica, otros llegan a la misma conclusión (Quiroz 1991).

El nuevo paradigma

Los cursos de «Los Principios» quizá eran adecuados para alumnas y alumnos con vocación científica, pero no aportaban elementos de cultura ciudadana para el resto del grupo. Así, la salida fue

señalada por la nueva corriente educativa basada en el constructivismo piagetiano (Halbwachs 1983).

Con respecto a los contenidos temáticos, las innovaciones recientes en la educación científica adoptan al niño y al joven como centros de interés (Driver 1989; Gómez 1989), desarrollando los conceptos, no por su importancia científica, sino más bien por la relevancia y el significado que tendrán para el aprendiz como futuro miembro de la sociedad. En esta dirección, las siglas STS (del inglés Science-Technology-Society) sirven para reconocer hoy un movimiento de reforma de la educación a nivel mundial, cuyas primeras raíces no son enteramente nuevas (Bybee 1980; Lewis B. 1981; Lewis J. 1981; Herron 1982; Solomon 1983), pero que se integró formalmente como una corriente con ese nombre en la década de los años ochenta (Garritz, 1994-5). En esencia, las experiencias al respecto se han dirigido al nivel de la educación preescolar, básica y secundaria, aunque han aparecido ejemplos también en el nivel universitario, buena parte dirigidos a carreras profesionales cuya orientación no es estrictamente científica o técnica (Garritz 1994b).

La National Science Teachers Association (NSTA) de los Estados Unidos (NSTA 1990) ha definido al enfoque ciencia-tecnología-sociedad (CTS serán las siglas con las que será referido en adelante) como *la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en el contexto de la experiencia humana*. Adicionalmente, esta misma asociación ha identificado once características o estrategias de los programas CTS, que hacen más explícita la forma como se propone alcanzar el fin expresado (Tabla 1).

Para Yager, lo esencial en el enfoque CTS es *dedicar esfuerzos para formar ciudadanos informados que sean capaces de tomar decisiones cruciales sobre problemas y asuntos actuales, y de emprender*

acciones personales derivadas de tales decisiones (Yager 1992).

Bybee realizó durante 1984 una investigación acerca de la frecuencia con la que 262 educadores de 41 países empleaban ejemplos de problemas globales relacionados con la ciencia y la tecnología, así como alrededor de su opinión respecto a su inserción en el proceso enseñanza-aprendizaje. Sólo se refieren casos encuestados de Brasil, Costa Rica, España, Panamá y Venezuela en Iberoamérica. De su encuesta es claro que estos temas adquirirán progresivamente mayor importancia, sobre todo conforme crece la edad del educando, y que en ese momento la mayor parte de los países se encontraban en una etapa preliminar del desarrollo de este tipo de enfoque educativo. Los problemas globales relacionados con la química que recibieron mayor número de respuestas, ordenados de mayor a menor importancia relativa, se presentan en la tabla 2.

A continuación se presentan descripciones breves de algunos ejemplos significativos de esta nueva corriente. Los hay de diversos tipos (Caamaño 1994-5):

a) Proyectos de introducción de temas CTS en cursos de ciencias estructurados en base a contenidos tradicionales como SATIS o Science Across Eutope (Parejo 1995).

b) Proyectos de ciencias a través de un enfoque CTS, es decir, estructurados en torno a contenidos CTS, como CHEMCOM, SALTERS y PLON (Proyecto para el desarrollo curricular de la física).

c) Proyectos de ciencias CTS puros, que fueron los inicialmente presentados (véase la reseña de Solomon 1992), tales como Science in Society o SISCON (Science in a Social Context).

Veamos con un poco de detalle algunos de ellos:

Tabla 1
ESTRATEGIAS DE LOS PROGRAMAS CTS

1)	La identificación de problemas sociales relevantes para el estudiantado y de interés e impacto local o mundial.
2)	El empleo de recursos locales (humanos y materiales) para localizar la información que se empleará en la resolución del problema.
3)	La participación activa del alumnado en la búsqueda de información que pueda ser aplicada para resolver problemas de la vida real.
4)	La extensión del aprendizaje más allá del período de la clase, del salón y de la escuela.
5)	El enfoque hacia el impacto de la ciencia y la tecnología sobre las y los estudiantes, de forma individual.
6)	La visión de que el contenido científico va más allá que un conjunto de conceptos que el estudiantado debe dominar para responder sus exámenes y aprobar.
7)	El énfasis en el proceso de adquisición de las habilidades que se requieren para resolver problemas.
8)	La intensificación de la orientación vocacional hacia las carreras científicas o técnicas.
9)	La oferta de oportunidades a alumnas y alumnos para actuar en sus propias comunidades y colaborar en la solución de los problemas detectados.
10)	La identificación de los medios por los cuales la ciencia y la tecnología tendrán impacto sobre la sociedad en el futuro.
11)	La cesión de cierta autonomía al alumnado durante el proceso de aprendizaje.

Tabla 2
PROBLEMAS GLOBALES RELACIONADOS CON LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA QUÍMICAS MÁS UTILIZADOS, A NIVEL MUNDIAL, EN LA ENSEÑANZA (BYBEE 1986)

PROBLEMA GLOBAL	Ejemplos específicos
1. Hambre mundial y recursos alimentarios	Producción de alimentos, agricultura, conservación de granos
2. Calidad del aire y atmósfera	Lluvia ácida, calentamiento global, adelgazamiento de la capa de ozono
3. Recursos acuíferos	Estuarios, abastecimiento, distribución, tratamiento, contaminación de aguas subterráneas y por fertilizantes
4. Tecnología para la guerra	Gases que afectan el sistema nervioso, desarrollos nucleares, tratados sobre armamento
5. Salud y enfermedad	Enfermedades infecciosas y no infecciosas, dietas y nutrición, ruido, ejercicio, salud mental
6. Déficit energético	Combustibles fósiles y sintéticos, energía solar, ahorro de energía
7. Sustancias peligrosas	Residuos sólidos, productos químicos tóxicos, plaguicidas, plomo en el ambiente
8. Reactores nucleares	Manejo de residuos nucleares, reactores de cría, seguridad, terrorismo
9. Recursos minerales	Minerales metálicos y no metálicos, minería, depósitos de baja ley, reciclado y reuso

Science and Technology in Society (SATIS) (SATIS, 1990; Philips 1992)

Promovido por la Asociación de Educación de la Ciencia (ASE), del Reino Unido, el proyecto SATIS inició en 1984. Sus primeras publicaciones aparecieron en 1986, dirigidas al alumnado en las edades de 14 a 16 años, de las cuales apareció un total de 120 cuadernillos. En septiembre de 1987 inicia el proyecto SATIS 16-19, que publicó 100 unidades y tres libros. El proyecto SATIS 8-14 editó asimismo 150 unidades presentadas en tres archivos.

SATIS intentó desarrollar una estrategia de apoyo para que los docentes contaran con recursos adecuados para desarrollar el enfoque CTS en el aula. En muchos casos el resultado surgió de la colaboración del magisterio con organizaciones locales (universidades, industria, servicios médicos), en la que los primeros aprovecharon su experiencia para desarrollar el tema de tal manera que pudiera adoptarse en las escuelas y resultara de interés para las y los estudiantes. Frecuentemente el tema, en sus aspectos de contenido, no se desarrolla por completo, con la idea de que grupos estudiantiles localicen información pertinente y preparen una descripción coherente del tópico, en forma ya sea de un cartel para compañeras y compañeros menores, un panfleto para el gran público, una carta a un miembro del parlamento, un informe a los directivos de una empresa, entre otras. En SATIS se busca formar en el estudiantado habilidades especiales que se refieren, en general, a capacidades personales (e.g., la capacidad de autocalficar el desempeño), de habilidad numérica (e.g., la capacidad de entender e interpretar datos), de resolución de problemas (e.g., la capacidad de reconocer y definir la naturaleza de un problema dado), de comunicación (e.g., la capacidad

de presentar información) y de tecnología informática (e.g., la capacidad de manejar computadoras).

Salters

Ligado de alguna manera al proyecto anterior, se encuentra también el desarrollado en la Universidad de York por J. Waddington en 1991, conocido como SALTERS (Burton 1995), en el cual los objetivos van más allá que el de generar material de apoyo para el docente, pues sus contenidos están ya estructurados totalmente dentro de la corriente CTS y dirigidos a las edades 11-16 años. En él se aborda la ciencia a partir de experiencias familiares de la vida cotidiana. Procede de un curso anterior de química y sociedad, el Chemistry Salters Project, en el que el punto de partida para estudiar química lo constituían temas como la alimentación, el vestido, las bebidas, la calefacción, la construcción, etc.

Chemistry and the Community (ChemCom) (ACS 1993)

Este proyecto lo desarrolló la División de Educación Química de la American Chemical Society y fue apoyado financieramente por la National Science Foundation desde 1987. Está dirigido a estudiantes de los grados 10 a 12. Su líder intelectual fue M. T. Lippincott (Lippincott 1980, 1984), cuyas ideas, junto con el empuje de Sylvia Ware, sirvieron para organizar a un amplio grupo en los Estados Unidos. Cada unidad del libro aborda un problema social de importancia (e.g. «Logrando nuestras necesidades de agua», «Entendiendo la alimentación» o «Química, aire y clima»). Aunque es infrecuente que se mencionen las siglas CTS en

relación con este proyecto, comparte propósitos con esta línea y maneja algunos fines de la enseñanza tradicional.

Resulta interesante hacer notar que la mayor crítica hacia *ChemCom* provino de los propios docentes, quienes calificaron a la primera edición de 1988 de ser un proyecto más bien de divulgación, que reduce al mínimo la información química que todo bachiller de ciencias debe conocer. En la segunda edición se incluyó una matriz que relaciona los conceptos químicos que se van aprendiendo con la estructura de ocho unidades del libro, con tal de demostrar que el texto implica algo más que divulgación de la química.

Proyecto IUPAC-UNESCO

En diciembre de 1989, en la Universidad de California (Berkeley) y bajo los auspicios de la UNESCO y la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), se reunieron 55 profesores e investigadores de más de treinta países para generar una unidad piloto dirigida a estudiantes de bachillerato sobre un tema relacionado con la energía y el medio ambiente, en lo que sería el inicio del proyecto IUPAC-UNESCO para el desarrollo de un currículum internacional (Heikkinen 1990). A continuación se resumen los criterios para el desarrollo de la unidad:

- a) Que fuera de alcance internacional, con consecuencias locales o regionales
- b) Razonable y apropiada para el alumnado de bachillerato de diferentes culturas y condiciones económicas
- c) Con la posibilidad de incorporar diversas estrategias de enseñanza, especialmente aquellas desarrolladas por alumnas y alumnos

- d) Que fuera actualizada y con información contemporánea
- e) Con la posibilidad de extenderse y tratarse a diferentes niveles
- f) Con requerimientos de materiales y equipo baratos, seguros y fácilmente accesibles
- g) Que se pueda desarrollar entre 10 y 12 horas de clase
- h) Que dejara en las y los estudiantes una sensación de optimismo, esperanza y control.

El material producido, bajo el título de «Quermando combustibles; cómo puede la química ayudarnos a reducir el desperdicio de materiales y energía», ha sido probado en más de quince países, incluyendo México (Chamizo 1990). Los resultados, prácticamente en todas partes, indican que, a pesar de la excelente acogida del material producido por parte del alumnado y el profesorado, surgieron dos grandes problemas en su implementación (Gardner 1990): lo inflexible de los programas tradicionales de química, incapaces de incorporar nuevos conocimientos y estrategias de aprendizaje, y la falta de idoneidad de los sistemas tradicionales de evaluación.

En general, la experiencia del desarrollo inicial de este currículum internacional en química ha sido exitosa. En agosto de 1991, en York, Inglaterra, se generó la segunda unidad, con el nombre de «El efecto de las actividades humanas sobre la calidad del agua; la química puede encontrar soluciones», la cual se prueba actualmente en veinte países (Pestana 1991).

Proyecto 2061 (Rutherford 1990)

La American Association for the Advancement

of Science, con base en el libro *Science for all Americans*, ha establecido el proyecto 2061, que lleva ese nombre por el año en que el cometa Halley retornará al Sistema Solar Interior, año para el cual la filosofía del proyecto se habrá supuestamente permeado en toda la educación científica americana. Este grupo no lleva prisa, y está construyendo una estructura educativa totalmente novedosa que pretende reformar toda la vida escolar, basada en una visión integral del conocimiento (la conexión de humanidades, artes y ciencia) y el uso de medios informáticos para la enseñanza.

Proyecto 2000+ (Holbrook 1993)

El proyecto 2000+ ha sido iniciado por ICASE (International Council of Associations of Science Education) y UNESCO para incrementar sustancialmente el conocimiento mínimo en ciencia y tecnología en todas las sociedades del planeta para el inicio del próximo siglo: educación científica «para todos» en el año 2000.

El proyecto consta de seis áreas de trabajo:

- 1) La naturaleza y la necesidad de una alfabetización científica
- 2) Alfabetización científica y tecnología para el desarrollo
- 3) Las circunstancias requeridas para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología
- 4) Formación y actualización del profesorado
- 5) Evaluación
- 6) Instancias formales y no formales para la alfabetización científica y tecnológica

En esta misma dirección, el libro del año 1992 del ICASE está dedicado a recolectar algunos ejemplos de reforma CTS de la educación alrededor del mundo (Yager 1992). La diferencia con respecto al estado del asunto seis años antes es que varios países tienen ya un avance importante al respecto. Se presentan casos de Australia, Botswana, Canadá, Corea, Holanda, Hong Kong, India, Indonesia, Inglaterra, Israel, Nigeria y Taiwán. Es notable que América Latina y España no aparezcan, en absoluto.

Para concluir esta sección, la Tabla 3 resume y compara los objetivos de los programas de ciencias en los últimos 30 años (Chamizo 1992).

Tabla 3
COMPARACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LOS PROGRAMAS DE CIENCIAS

1960-80	1990
Preparación	Popularización
Generación de conocimiento	Aplicación del conocimiento
Énfasis disciplinario	Énfasis en la sociedad
Dominio del contenido	Apropiación del contenido
Correcto/equivocado	Beneficio/riesgo
La clase como una unidad	Pequeño trabajo en grupos
Problemas resueltos individualmente	Problemas resueltos cooperativamente
Construcción de modelos	Toma de decisiones

Los docentes y la corriente CTS

El cambio curricular constructivista que siguió al paradigma de «Los Principios» propone una transformación radical en dos grandes dimensiones: contenidos temáticos y aspectos pedagógicos. Moreno-Marimon insiste en ello cuando menciona (Moreno 1986):

«... cuando menos, hay dos formas de enfocar el aprendizaje de las ciencias, que se proponen objetivos diferentes. El primero consiste en pretender que el alumno llegue al conocimiento por transmisión directa. El segundo aspira a ayudarle a desarrollar los sistemas de pensamiento mediante un ejercicio intelectual que le permita plantearse preguntas, discutir sus ideas, elaborar hipótesis, cometer errores y encontrar soluciones propias a problemas propios. El primero es ingenuo e imposible. El segundo implica dar un nuevo enfoque a la enseñanza».

¿Qué posibilidades tiene la reforma CTS de llegar con éxito al salón de clase? La posibilidad real de alcanzar el cambio de paradigma no parece. Vivimos un momento histórico en el que la docencia se considera en crisis, debido, entre otras cosas, al bajo salario del personal docente prácticamente en todo el mundo y al ocaso de su viejo monopolio, el del conocimiento en manos de las nuevas tecnologías (Hallak 1992). Existen, adicionalmente, dos «cuellos de botella» para que el profesor lleve a cabo este nuevo enfoque de la enseñanza:

1) Desconocimiento parcial de la asignatura y del quehacer científico.

En un artículo reciente que toca las tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias, Furió identifica que (Furió 1994):

«Un caso particular de pensamiento docente espontáneo que está siendo exhaustivamente investigado en los últimos cuatro años es el relativo a las creencias que tienen las y los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico, cómo éstas pueden afectar el currículo y, más en concreto, a la toma de decisiones del profesor en una clase... Concluyen que esta toma de decisiones del profesor está influenciada notablemente no sólo por el desconocimiento del contenido de la disciplina sino por la falta de conocimiento sobre la naturaleza y estructura de la ciencia».

Conclusiones similares se han presentado en otros lugares, particularmente respecto a la enseñanza de la ciencia a través del llamado «método científico», receta supuestamente universal de hacerse del conocimiento (Storey 1992). Allí se menciona que la idea de memorizar los pasos del método científico, proviene de lo poco involucrados que están los docentes en programas de investigación. Storey insiste en que:

«los estudiantes aprenden ciencia haciendo las preguntas adecuadas y realizando experimentos válidos, no memorizando dogmas. Deben aprender que hay preguntas que no tienen respuesta».

La experiencia mundial no es diferente. Reducir la cultura y tradición científica a una receta resulta un error frecuente. Los docentes, hay que re-

cordarlo, son los principales comunicadores de la ciencia, y esta carencia de «saber profundo» afecta la visión que de la química y la ciencia logran tener sus alumnas y alumnos.

2) Desconocimiento de las nuevas estrategias de aprendizaje.

Una vez logrado el conocimiento adecuado de su disciplina, el profesor que quiere cambiar enfrenta este segundo obstáculo: integrarlo con un método propio de enseñarla y con aquellos otros aspectos más prácticos, más próximos a la profesión, que se derivan de las nuevas necesidades formativas del profesor que ha de digerir para un aprendizaje de tipo constructivista (Furió 1994).

Debe permearse en el profesor el hecho de que el aprendizaje nunca puede ser independiente de quien aprende, que no puede simplemente transferirse de una persona a otra como el símil de un vaso que llena al otro. La «transmisión» de conocimientos es un concepto sin sentido. Si es que ha de aprender, cada ser humano debe concatenar ideas y estructuras con un significado personal. Cada ser construye sus conocimientos científicos mediante su propia y muy personal actividad intelectual, basada en la activación de sus conocimientos o ideas previas sobre el tema.

Una estrategia educativa como la CTS, que intenta conectar los aspectos científicos y tecnológicos con las necesidades y problemas sociales, implica un enlace inmediato con aspectos relevantes y significativos para alumnas y alumnos. Pero, si bien el aprendizaje ocurre cuando la persona involucrada puede enlazar ideas que impliquen una construcción de significados personales, el proceso no ocurre siempre en forma aislada. Así, el salón de clase puede ser un lugar donde las y los estudiantes compartan sus propias construcciones personales y don-

de los docentes motiven el aprendizaje retando a las concepciones de los aprendices.

Por ello, la formación de profesores aparece como un punto explícito en las agendas de los proyectos IUPAC-UNESCO, 2000+ y 2061. La American Chemical Society, a través del Institute for Chemical Education, ha impartido cientos de talleres en los Estados Unidos en los últimos años, a fin de «sensibilizar» a las profesoras y los profesores acerca de las bondades de *ChemCom*. Hoy, después de siete años de la primera edición, uno de cada cinco estudiantes del «High School» norteamericano estudia química siguiendo el modelo de *ChemCom*. Cubrir de esta manera el enorme universo del profesorado en un solo país es un reto formidable, sobre todo cuando el cambio es radical y se propone modificar de raíz la concepción de la enseñanza. Sin el apoyo suficiente, dicha meta parece inalcanzable, salvo en el sentido gatopardesco de cambiar para que nada cambie.

Hay que recordar el estudio en ocho escuelas escocesas acerca de los factores que influyen en la innovación (Brown 1986). En él, Brown y McIntyre concluyen que si las innovaciones no dependen de la estructura escolar, se realizan en función de las actitudes y creencias del profesor. Por otra parte, si el cambio que se propone altera a la colectividad, las respuestas de los docentes dependen en buena medida de las ideas que sobre las mismas tengan los profesores más prestigiados de los colegios. El hecho es que el magisterio cambiará sólo en la medida en que **pueda** hacerlo, y ello se da solamente si se mueve a un espacio «parcialmente conocido», si el cambio es pequeño, pero en la dirección correcta y, lo más importante, que no signifique un riesgo de fracaso por pretender fines impracticables, con lo cual se cancelaría la modificación que

se requiere en la enseñanza de la ciencia hoy y mañana.

Una propuesta: la química, con nosotros

Si bien se acepta que es urgente transformar la enseñanza de las ciencias en el bachillerato, parece que no está muy claro cómo hacerlo, cómo involucrar al profesorado en la corriente. A nivel internacional, se han presentado algunos proyectos ambiciosos que proponen transformaciones radicales, pero ¿cómo lograr que esos cambios sean asimilados por maestras y maestros que los lleven al aula? ¿Cómo involucrar a miles de profesores y profesoras en una aventura curricular?

Los autores de este artículo quisieran pecar de precavidos antes que condenar al fracaso rotundo el giro que se requiere. Se nos podrá acusar de timoratos y conservadores en un momento en que la enseñanza de las ciencias requiere de una revolución, pero no sentimos que tal revolución sea posible, al menos en este momento y a tal grado, debido a la resistencia natural al cambio por parte del profesorado, tema que no es nuevo ni desconocido. La solución, por el momento, es dar pasos factibles en la dirección correcta, que permitan que el maestro se sienta «cómodo» y que vaya asimilando una transformación paulatina y no que se enfrente a una metamorfosis para la cual no está preparado.

El primer paso de la propuesta es retomar lo fundamental de «Los Principios» y volver a una química descriptiva, pero no a una química enciclopédica, sino a una química con significado para el estudiante. Este punto medio entre el paradigma anterior y el nuevo ha sido plasmado en un libro de texto reciente (Garritz 1994a), que contempla la

propuesta referida. Como material complementario hemos participado en el desarrollo de una guía didáctica para docentes, un conjunto de experimentos de bajo costo resultado de seis reuniones regionales en América Latina auspiciadas por la UNESCO (Garritz 1991) y dos antologías de ensayos sobre química cotidiana (Garritz 1989; Fernández 1994).

La frase que encabeza el proyecto: «Química, con nosotros», intenta plasmar la idea de que la ciencia no es algo para la humanidad, en abstracto, sino que nos acompaña de manera íntima. La química es el conocimiento de lo que va con nosotros y de lo está en todas partes a nuestro alrededor.

Todo se centra alrededor de una finalidad del ciclo escolar del bachillerato: que los jóvenes puedan adoptar y enriquecer los elementos básicos de la cultura del medio. Este proceso de carácter científico —y por tanto crítico— debe procurar el desarrollo intelectual, la conciencia individual y colectiva de la juventud alrededor de las necesidades sociales, para lo cual es indispensable generar hábitos mentales analíticos e integrales, para que el estudiante sea capaz de obtener, seleccionar, ordenar y calificar la información, e interpretarla para tomar decisiones personales con base en análisis riesgo/beneficio y costo/impacto.

El proyecto considera tres temas, tres elementos de la cultura química básica y tres dimensiones de aprendizaje. Los tres temas son los ya tradicionales en la química: Materia, Energía y Cambio. Dentro de los mismos, es importante incluir ejemplos de tres elementos de la cultura básica química (lenguaje, método y cuantitatividad), los que debe conocer todo egresado del bachillerato:

El lenguaje de la química

Ésta es una ciencia con un lenguaje propio. Para difundir la cultura química hay que lograr que el estudiante se familiarice con muchos de sus términos usuales. ¿Cómo hablar de química si el interlocutor no conoce el significado de «elemento», «compuesto», «reacción», «acidez», «sal», «Na», «H₂O», «pH», «alcohol», «péptido», etcétera? Se ha citado que en los cursos de química se introducen miles de nuevos términos para el alumnado. Tal vez nuestros programas de estudio exageran la cantidad de información y vocabulario, pero es claro que si no incorporamos una cierta cantidad de palabras del «diccionario químico», no podremos transmitir al bachiller una clara idea de esta ciencia.

La importancia de un lenguaje adecuado, en el que también se consideren los símbolos (López, 1984) para el entendimiento de la ciencia, se puede evidenciar en investigaciones (Llorens, 1987) y textos recientes sobre el tema (Sutton 1992, Brennan 1992).

El método de la química

La química es una ciencia experimental, que se basa en el análisis y la síntesis como operaciones fundamentales (Bachelard, 1976). Por tanto, la cul-

tura química básica debe incluir un buen número de ejemplos de las técnicas e instrumentos para determinar la composición y estructura de los materiales, y de aquellas para obtener nuevos compuestos con utilidad determinada.

La cuantitatividad de la química

La resolución de problemas numéricos sencillos es una destreza que deseamos para todo egresado del bachillerato. No es tan importante que aprenda ejemplos específicos relacionados con cálculos químicos, sino que adquiera la capacidad mental para plantear y atacar problemas simples de proporcionalidad directa. El concepto de «MOL», la unidad que se utiliza en química para medir cantidad de sustancia, es un eje vertebral de la cuantificación en esta ciencia.

Dichos ejemplos (Tabla 4) se desarrollan en el proyecto (Garritz 1994b) a manera de ensayos, que inducen al alumnado en la temática CTS, de los cuales se reúne más de una centena para el profesor, de tal forma que pueda adaptar su trabajo en el aula a las inquietudes e intereses de sus alumnas y alumnos. Dichos aspectos se recorren en los grandes temas que se mencionan en la tabla 5.

Tabla 4

EJEMPLOS ESPECÍFICOS DE LOS TRES ELEMENTOS DE LA CULTURA QUÍMICA

Lenguaje	Método	Cuantitatividad
Ozono: ¿protector o villano?	Hule sintético	Efecto de la concentración de alcohol en la sangre
Cáncer y cis-platino	Aspirina	Actividad humana y su costo energético
Drogas y neurotransmisores	Corrosión	Neutralización estomacal

Tabla 5

ONCE GRANDES GRUPOS EN LOS QUE PUEDEN CLASIFICARSE LOS ENSAYOS SOBRE LOS TRES ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA CULTURA QUÍMICA BÁSICA

Alimentación	Química, salud y enfermedad
Comunicación química	Química detrás de la vida
Energía para el futuro	Tecnología e instrumentación
Materiales	Industria química
Nuestro ambiente	Aspectos históricos de la química
Química en casa	

Adicionalmente, hay tres ejes que vertebran toda la estructura del proyecto «Química, con nosotros», y que permiten identificar dónde y cuándo incorporar aspectos nuevos:

1) **Ciencia integrada.** En la necesidad de la síntesis del conocimiento descansará la educación científica del futuro. Aunque la posibilidad de entender los fenómenos naturales requiere de un primer paso analítico, las fronteras de las ciencias básicas no existen, son puras convenciones que deben olvidarse al integrar el conocimiento. En este sentido, aunque el cuerpo central del proyecto versa sobre química, se introducen conceptos de física, biología, ciencia de materiales y hasta medicina.

2) **Química integrada.** Hacia 1820 se planteó la existencia de dos «tipos» de química: la de la materia inanimada (química inorgánica) y la de los seres vivos (química orgánica). Esa visión de Berzelius debe ser abandonada. Uno y otro tipo de compuestos, uno y otro supuestos modelos de enlace, uno y otro conjunto de propiedades obedecen al mismo fenómeno electrónico. Separar a la química orgánica en la parte avanzada del curso propicia, generalmente, una cobertura parcial del tema, sin el cual nunca podremos lograr que alumnas y alumnos asimilen que viven gracias a la química de su orga-

nismo y que la traen «pegada a la piel», hasta en su ropa. Esta integración en una sola química conducirá, en los próximos años, a un mejor entendimiento de la catálisis, la química biológica y la organometálica.

3) **La química, la sociedad y lo cotidiano.** El contenido del proyecto se ha ordenado de manera que el contacto del alumnado con la química ocurra en su propio mundo de vivencias, en su región y en su país. En cuanto al ordenamiento de contenidos, la propuesta se aparta del orden propuesto en los cursos de «Los Principios». El análisis, en lugar de iniciar con el abstracto tema de la estructura atómica, parte de algo mucho más concreto: la enorme diversidad del comportamiento natural. De ella que surge entonces la necesidad de estudiar la estructura interna de la materia. A partir del conocimiento del átomo y sus enlaces, se interpretan los fenómenos con tal de conocer objetivamente el papel que la química juega en nuestro mundo y nuestra sociedad. Este «viaje» universo-átomo-universo se presenta esquemáticamente en la figura 1. Creemos que una estructura curricular así, además de estar estructurada psicológicamente, permitirá al estudiante una primera interpretación de su entorno, desde el punto de vista de la química.

LA DESCRIPCIÓN DEL VIAJE



Figura 1

VIAJE UNIVERSO-ÁTOMO-UNIVERSO. ESTRUCTURA DEL CURRÍCULUM

Las tres dimensiones esenciales que se consideran para el aprendizaje son:

1) **Dimensión cognoscitiva.** Corresponde al cuerpo de conocimientos, el cual debe definirse para que el bachiller pueda realizar una primera síntesis interpretativa del mundo que le rodea. Hablamos del QUÉ enseñar.

2) **Dimensión psicológica.** El problema central de la educación química consiste en determinar cómo enseñar un cuerpo altamente desarrollado de conocimientos, de manera que sea aprendido en forma significativa, es decir, no simplemente «de memoria» (Fensham 1984). Por lo tanto, es necesario plantear un contenido secuencialmente estructurado, que siga un orden psicológico, más que un orden lógico. Asimismo, es importante discutir temas que alumnas y alumnos sean capaz de asimilar, de acuerdo con el estadio psicogenético por el que atraviesen. Hablamos del CÓMO enseñar.

3) **Dimensión socio-filosófica.** Los conocimientos deben relacionarse con el marco social en el que se desarrollan, de tal manera que el bachiller adquiera una visión amplia de la ciencia y del sentido como

marcha su país y el mundo en el campo de la química. En este sentido, se incluyen en el proyecto varias entrevistas con los más destacados profesionales locales de la química. Hablamos del PARA QUÉ enseñar.

En resumen, nuestra propuesta es conservar los temas de un curso tradicional de química, ordenados psicológicamente y reduciendo su contenido al esencial, pero con la inserción de información significativa para el estudiante. Así, mantenemos en cierto grado la estructura escolarizada tradicional de la enseñanza, pero en equilibrio con un esquema CTS que intenta relacionar la ciencia con la vida cotidiana de las y los estudiantes. El día de mañana, cuando la información química sea más amplia y los productos de uso común hayan cambiado, bastará reemplazar esta información. El propio profesor podrá incorporarla de acuerdo al entorno en el que se encuentra.

La aportación que se presenta pretende perseguir lo ya descrito años atrás por docentes españoles interesados en la misma problemática (Seminario 1984):

«En resumen: se preconiza un currículum flexible —tan sólo un «core» habría de ser obligatorio— con predominio de la profundidad sobre la extensión, que valore los aspectos metodológicos junto con la adquisición de un cuerpo coherente de conocimientos. Un currículum que tome la estructura conceptual del alumnado como punto de partida y que se orga-

nice para la consecución de un cambio conceptual y metodológico que se ajuste en cierta medida a las grandes transformaciones o revoluciones científicas. Un currículum por último, que no olvide las dimensiones históricas, sociológicas, tecnológicas,... absolutamente esenciales para favorecer una actitud positiva hacia la ciencia y su aprendizaje».

REFERENCIAS

- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY (1993). *Chemistry in the Community*. Dubuque: Kendall-Hunt.
- BACHELARD, G. (1976). *El materialismo racional*. Buenos Aires: Paidós.
- BARGALLÓ, M. (1962). *Tratado de Química Inorgánica*. México: Porrúa.
- BASOLO, F. (1980). Systematic inorganic reaction chemistry. *J. Chem. Ed.*, 57, 761.
- BRENNAN, R.P. (1992). *Dictionary of Scientific Literacy*. New York: Wiley.
- BEARDSLEY, T. (1992). Trends in Science Education: Teaching Real Science. *Sci. Am.*, 267 [10], 78-86.
- BYBEE, R.W., HAMS, N., WARD, B. and YAGER, R. (1980). Science, Society and Science Education. *Science Education*, 64 [3], 377-395.
- BYBEE, R.W. and MAU, T. (1986). Science and Technology Related Global Problems: an International Survey of Science Educators. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 599-618.
- BROWN, S. and McINTYRE, D. (1986). Influences upon teachers' attitudes to different types of innovation: a study of scottish integrated science. En Brown J., Cooper, A., Horton, T., Toates, F., Zeldin, D. (eds.). *Science in Schools*. Open University Press.
- BURTON, W.G., HOLMAN, J.S., PILLING, G.M. and WADDINGTON, D.J. (1995). Salters Advanced Chemistry. A Revolution in Pre-College Chemistry. *J. Chem. Ed.*, 72, 227-230.
- CAAMAÑO, A. (1994). Estructura y evolución de los proyectos de ciencias experimentales. *Alambique*, 1, 8-20.
- CAAMAÑO, A. (1995). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de ciencias. *Alambique*, 3, 4-6.
- CHAMIZO, J.A. y LÓPEZ, C. (1990). La química no sirve para nada. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, 95-98.
- CHAMIZO, J.A. (1990). The environment inside the chemistry curriculum. The Mexican High School situation. *Proceedings UNESCO International Symposium on Energy and the Environment as related to chemistry teaching*. Berkley: University of California.

- CHAMIZO, J.A. (1992). Hacia una pedagogía de la naturaleza. *Educación Química*, Vol. 3, 150-160.
- CHAMIZO, J.A. (1994). Hacia una revolución en la educación científica. *Ciencia*, Vol. 45, 67-79.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata-M.E.C.
- DYER, R. y TIBERGHEIN, A. (1989). Las finalidades de la enseñanza de la química y la física vistas por los profesores y alumnos franceses. *Enseñanza de las ciencias*, 7, 213-220.
- FARGO, P.J., FRAZER, M.J. and WALKER, S.D. (1976). *Chemical Education in Europe*. London: The Chemical Society, Burlington House.
- FENSHAM, P.J. (1984). La investigación actual en educación química. En J. Waddington (ed.). *La enseñanza de la química escolar*. Montevideo: UNESCO.
- FERNÁNDEZ, R. (ed.) (1994). *La química en la sociedad*. México: UNAM.
- FLEMING R. (1986). Adolescent Reasoning in Socio-Scientific Issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 677-698.
- FURIÓ, C.J. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (2), 188-199.
- GARDNER, M. (1990). An experiment in international development curriculum report, *Chemistry Education*, 7, 54-60.
- GARRITZ, A. (ed.) (1988). *33 Prácticas de Química*. México: SEP-COSNET.
- GARRITZ, A. y CHAMIZO, J.A. (1989). *Química. Antología*. México: SEP-COSNET.
- GARRITZ, A., CHAMIZO, J.A. (1994a). *Química*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana.
- GARRITZ, A. and CHAMIZO, J.A. (1994b). Chemistry Teaching through the Student's World. *J. Chem. Ed.*, 71, 143-145.
- GARRITZ A. (1994) Ciencia-Tecnología-Sociedad. A diez años de iniciada la corriente. *Educación Química*, 5, 217-223.
- GARRITZ, A. (1995). El enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza. *Tarbiya*, 9, 83-94.
- GILLESPIE, R.J. (1976). Chemistry: fact-or-fiction. *Chemistry in Canada*, 28, 23.
- GÓMEZ, I., IZQUIERDO, M., MAURI, T. y SANMARTÍ, N. (1989). La selección de contenidos en las ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 168, 38.
- HALBWACHS, R. (1987). En Coll C., Psicología y currículum, *Cuadernos de Pedagogía*. Barcelona: Laia.
- HALLAK, J. (1992). Hacia una nueva concepción de la enseñanza. *El Correo de la UNESCO*, septiembre, 40-42.
- HEIKKINEN, H. and SUMMERLIN, L. (1990). An experiment in international curriculum development report. *Chemistry Education*, 7, 36.
- HERRON, J.D. (1982). Science, Society and the Reformation. *J. Chem. Educ.*, 59, 560.
- HOLBROOK, J.B. (1993). Basic and applied science education in developing countries: trends and needs of the 21st century. *Science Education International*, 4, 3-10.
- HUDSON, M. (1980). Why should we teach descriptive chemistry? *J. Chem. Ed.*, 57, 770.
- LEWIS, B.B. (1981). Science, Teaching and Society. *J. Chem. Educ.*, 58, 704.
- LEWIS, J. (1981). *Science in Society*. London: Heinemann Educational Books.
- PESTANA, M.E.M. and HEIKKINEN, H. (1991). *11th International Conference on Chemical Education*. Inglaterra: York.

- LIPPINCOTT, W.T. (1980). Retrospects and prospects in Chemical Education: A personal view. *J. Chem. Educ.*, 57, 4.
- LIPPINCOTT, W.T. and BODNER, G.M. (1984). Chemical Education: Where we've been; where we are; where we are going. *J. Chem. Educ.*, 61, 843.
- LÓPEZ CANCIO, J.A. (1984). La evolución de la representación simbólica de los conocimientos químicos. *Enseñanza de las ciencias*, 131-139.
- LLORENS, J.A., LLOPIS, R. y DE JAIME, M.C. (1987). El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la química en la enseñanza media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (1), 33-40.
- MORENO-MARIMON, M. (1986). Ciencia y construcción del pensamiento. *Enseñanza de las ciencias*, 57-63.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1991). Science-technology-society: a new effort for providing appropriate science for all. (Position Statement). En *NSTA Handbook*. Washington, 47-48.
- NUFFIELD FOUNDATION, (ed.) (1969). *Química. Introducción y guía*. Barcelona: Reverté.
- PAREJO, C. (1995). El proyecto Ciencia a Través de Europa. *Alambique*, 3, 45-52.
- PARTINGTON, J.R. (1952). *Tratado de Química Inorgánica*. México: Porrúa.
- PIMENTEL, G.C. (ed.) (1966). *Química. Una ciencia experimental. Proyecto CHEMS*. Barcelona: Reverté.
- PIMENTEL, G.C. and RIDGWAY, D.W. (1988). Chem Study: Past-Present-Future. *Chem13News*, 178, 4-7.
- PHILLIPS, P.S. and HUNT, A. (1992). The SATIS Project: A Significant New Development in Post-16 Science Education in the United Kingdom. *J. Chem. Educ.*, 69, 404-407.
- QUIROZ, R. (1991). Obstáculos para la apropiación del contenido académico en la escuela secundaria. *Infancia y aprendizaje*, 55, 45-58.
- RUTHERFORD, F.J. and AHLGREN, A. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA (C.A.J, F.M.C. y G.P.D.) (1984). Criterios básicos para la elaboración de un currículum de física y química. *Enseñanza de las ciencias*, 103-110.
- SOLOMON, J. (1983). *Science in a Social Context*. London: Association for Science Education and Basil Blackwell.
- SOLOMON, J. (1992). *Teaching Science Technology and Society*. Buckingham: Open University Press.
- STOREY, R.D. and CARTER, J. (1992). Why the scientific method. *The Science Teacher*, december.
- STRONG, L.E. (ed.) (1966). *Sistemas químicos. Proyecto CBA*. Barcelona: Reverté.
- SUTMAN, F.X., and BRUCE, M.H. (1992). Chemistry in the Community-ChemCom: A five-year evaluation, *J. Chem. Educ.*, 69, 564-567.
- SUTTON, C. (1992). *Words, Science and Learning*. Buckingham: Open University Press.
- THE ASSOCIATION FOR SCIENCE EDUCATION (1990). *SATIS 16-19*, archivos 1 a 4. College Lane, Hatfield, Herts.
- TOMAS, L. (1982). El arte de enseñar la ciencia. *Información Científica y Tecnológica* (México), 4, 4-9.
- YAGER, R.E. (1992). Science-Technology-Society as

Reform. En *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. International Council of Associations for Science Education. Petersfield, UK: ICASE Yearbook.

YAGER, R.E. (ed.) (1992). *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. International Council of Associations for Science Education. Petersfield, UK: ICASE Yearbook.

Resumen

Durante la segunda mitad de los años ochenta surge una propuesta constructivista para la transformación de los contenidos y los aspectos pedagógicos en la enseñanza preuniversitaria de la química, que intenta sustituir al paradigma de «Los Principios de Química». Esta nueva corriente de reforma «Ciencia-Tecnología-Sociedad» (CTS) ha logrado una importante transformación de contenidos, pero resta mucho por hacer aún en el terreno de su aplicabilidad pedagógica y de la capacitación del profesorado. Se presenta una propuesta que podríamos llamar intermedia entre la tradicional y la CTS, que pretende una transición docente, paulatina pero factible, hacia el esquema deseado.

Palabras clave: Ciencia-tecnología-sociedad, CTS, enseñanza de la química en bachillerato, formación de profesores de química.

Abstract

A constructivist approach for transforming syllabuses and pedagogical aspects in the teaching of chemistry in grades 10-12 appears in the second half of the eighties, intending to take the place of the paradigm based on «The Principles of Chemistry». This new Science-Technology-Society Reform (STS) has radically transformed the curriculum, but its advances in pedagogy and teacher's training are far away from its goals. A new intermediate proposal is presented here, that takes elements of the traditional and STS schemes to serve as a gradual but feasible way for teachers toward a desired approach.

Key words: Science-technology-society, STS, high school chemistry teaching, chemistry teachers' training.

José Antonio Chamizo

Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México
México, D.F. 04510

Correo electrónico: andoni@unamvm1.dgsc.unam.mx

Colegio Madrid

Andoni Garritz

Colegio Madrid