

El *curriculum* oculto en la enseñanza de la química

José Antonio Chamizo*

Abstract

In these work results from an investigation about the hidden structure in school chemistry is reported. With the participation of specialist of ten countries under the coordination of researchers of Utrech University in the Netherlands we arrive at an important characteristic of the currently dominant school chemistry curriculum: normal chemistry education is isolated from common sense, everyday life and society, history and philosophy of science, technology, school physics, and chemical research. As a result of this a discussion about the content of a curriculum to be called Chemistry is initiated.

Resumen

En el presente trabajo se dan a conocer los resultados de una investigación sobre el *curriculum* oculto de la química. Con la participación de diversos profesores e investigadores de 10 países bajo la coordinación de un grupo de la Universidad de Utrech, en Holanda, se llegó a la conclusión de que hay una visión dominante de la química escolar en la que: "La educación química normal está aislada del sentido común, de la vida cotidiana, de la sociedad, de la historia y filosofía de la ciencia, de la tecnología, de la física escolar y de la investigación química actual". Como resultado de lo anterior se inicia una discusión sobre lo que debe estar contenido al interior de un *curriculum* para que pueda denominarse química.

Voy a lanzar ciertas acusaciones contra los enseñantes de ciencias y la enseñanza de la ciencia. En primer lugar, los acuso a ustedes, enseñantes de ciencias, de dedicar sus energías a la mera transmisión de conocimientos y principios científicos; de ser, en otras palabras, libros de texto animados... hasta el punto de que sus alumnos creen que la ciencia no es nada más que eso...

En segundo lugar, los acuso de dar a sus alumnos una idea falsa de la esencia de la cien-

cia... los acuso de no transmitir la gran verdad de que la esencia de la ciencia es un método, una empresa desordenada, imaginativa, con frecuencia poco sistemática donde la suerte y la perseverancia desempeñan un papel importante...

Los acuso, pues, de transmitir a sus alumnos la idea falsa de que los modelos y analogías que utilizan para explicar ideas científicas son representaciones exactas de la realidad, en vez de ser, como son en realidad, construcciones imaginativas de la mente humana.

Mi tercera acusación es que no han hecho mucho para ayudar a sus alumnos normales y por debajo de lo normal para que sepan distinguir entre lo que es ciencia y lo que no lo es...

W. J. Fletcher, 1979

La enseñanza de la química, prácticamente en todo el mundo, asume un *curriculum* químicamente puro que los estudiantes tienen que aprender. Independientemente del nivel escolar, se indica que la química es una ciencia (como acto de fe), que la materia está compuesta por átomos y moléculas, que hay cambios físicos y químicos y que una manera de reconocerlos es a través de la reacción química, sin duda el corazón de todo *curriculum*. Sin embargo, la energía y el tiempo asociados a las reacciones químicas parecen ser asuntos de segunda importancia y generalmente son relegados u ocupan un espacio menor. ¿Es ésta la estructura conceptual coherente de la química? ¿Se puede aprender química de otra manera? ¿Cuáles son, si las hay, las ideas fundamentales que hay que considerar en un *curriculum* de química básica para que todo ciudadano pueda apreciarla? Aprender, entender, apreciar... palabras que muchas veces quedan huecas de contenido. A pesar de que los ya no tan nuevos proyectos curriculares que relacionan de una manera mucho más explícita la química con la sociedad (en la tradición de Science and Technology in Society como ChemCom (Chem-Com, 1988) y Salters (Salters, 1987)) o de aproximaciones intermedias (Chamizo, 1997) que intentan dar una respuesta, la discusión sobre la coherencia inter-

* Facultad de Química, UNAM. México, D.F. 04510.
Correio electrónico: jchamizo@servidor.unam.mx
Recibido: 4 de mayo de 2001; aceptado: 20 de julio de 2001.

na de esa cosa que llamamos química sigue abierta (de Vos, 1994; Jensen, 1998; Scerri, 2000). Más aún, la forma en la que se aborda el *curriculum* explícito, es tan importante como este mismo. De hecho, desde hace muchos años se ha acuñado el término "*curriculum* oculto" para identificar todos aquellos aspectos que no son revelados y que, sin embargo, subyacen en toda estructura curricular. Retomando a Bohoslavsky (Bohoslavsky, 1975):

Insisto en que se enseña tanto con lo que se enseña como con aquello que no se enseña; muchas veces lo que no se enseña es lo vital...el especialista no es más que un ilustre enajenado.

En 1991 durante la realización de la XI Conferencia Internacional en Educación Química en York, Inglaterra, un grupo de profesores e investigadores de diversos lugares del mundo (tabla 1) fuimos invitados a participar en el proyecto Conceptual Structure of School Chemistry (CSSC) que se estaba llevando a cabo en la Universidad de Utrech, en Holanda. La idea fundamental de dicho proyecto consistía en reconocer si había una estructura común en la enseñanza de la química en los diferentes países y en caso de que así fuera, identificar sus orígenes.

Después de una primera reunión con todos los participantes, los responsables del proyecto escribieron un documento, alrededor de 10 premisas sobre la enseñanza de la química escolar, el cual fue sometido a la consideración de todo el grupo a lo largo de

los subsiguientes años (tabla 2). Los integrantes del denominado Foro Internacional, basados en nuestra propia experiencia, comentamos y sugerimos correcciones de este primer documento con el que mostramos una gran cantidad de discrepancias. Sin embargo se identificó, respecto al *curriculum* en química, una **posición dominante** que, como su nombre lo indica, es la que prevalece prácticamente en todo el mundo. Así, por ejemplo, la premisa número 9, cuya idea central es que todo el *curriculum* químico escolar tiene una estructura conceptual que no implica una posición filosófica o pedagógica, fue corregida por:

Todo el *curriculum* químico escolar actual tiene una estructura dominante basada en la teoría corpuscular, la cual es rígidamente combinada con una estructura filosófica, el positivismo educativo y una estructura pedagógica, la preparación del futuro químico profesional.

Finalmente, una versión corregida en la que se indica un consenso entre todos los participantes acaba de ser publicada (van Berkel, 2000).

Como integrante de este Foro Internacional considero que la discusión allí sostenida es de capital importancia para el desarrollo futuro de los planes de estudio en química, a cualquier nivel de escolaridad (pero particularmente a nivel preuniversitario). A pesar de lo limitado del grupo y del complejo proceso de discusión, los acuerdos obtenidos sobre los aspectos más generales permiten suponer que, con las precauciones del caso, el resultado es suficientemente provocador para ser ignorado. Ésa es la razón de este documento, dar a conocer las importantes carencias del *curriculum* actual, el *curriculum* oculto de la química escolar en su posición dominante.

Generalmente, al abordar un nuevo *curriculum* disciplinario, al menos ésta ha sido la tradición al interior de la química, las preguntas a resolver son aquellas relacionadas con los temas a tratar intentando no dejar fuera ninguno de los que en ese momento se consideran los más importantes, sin preocuparse ni de la coherencia interna, ni de las razones por las cuales hay o no que enseñar (mejor dicho incorporar en el *curriculum*) dichos temas. El análisis más somero del *curriculum* en muchos lugares del mundo y a diferentes niveles educativos nos muestra un mapa de compromisos, cacicazgos y modas. Peor aún, la razón de enseñar la química como ciencia de la manera más anticientífica que se pueda (muchos sabemos, por

Tabla 1. Participantes del Foro Internacional por país de origen.

Alemania	3	(Gramm, A., Minssen, M., Sumfleth, E.)
Australia	5	(Chittleborough G., Cross, R., Davies, A., Fensham, P., Strube, P.)
Canadá	2	(Gillespie, R., Mahaffy, P.)
Estados Unidos	3	(Hawkes, S., Key M.B., Spencer, J.)
Hungría	1	(Kisfaludi, A.)
México	1	(Chamizo, J.A.)
Nueva Zelandia	1	(Schollum, B.)
Reino Unido	10	(Adey, P., Akeroyd, M., Barker, V., Braund, N., Jenkins, E., Kempa, R., Millar, R., Ramsden, J., Smith, N., Sutton, C.)
Rusia	1	(Grot, V.)
Sudáfrica	1	(Bradley, J.)

Tabla 2. Diez premisas sobre la enseñanza de la química.

1. La química se incorpora como disciplina en la educación secundaria a partir del siglo XIX y siempre ha sido enseñada como una ciencia. Se hace explícito, muchas veces desde las primeras páginas de los libros de texto, que la química es una de las ciencias naturales. Los conceptos que van a ser enseñados son seleccionados de acuerdo con su relevancia científica. El estudiante es visto como un futuro científico que buscará especializarse en diversos aspectos de la investigación química. El uso de productos químicos y procesos en la sociedad es presentado como algo que se desprende de la ciencia.

2. La química es inmediatamente distinguida de otras ciencias naturales por su objeto de investigación que es la reacción química. El concepto de reacción es introducido muy temprano en el *currículum* y es definido de manera muy general como el proceso a través del cual una o más sustancias son convertidas en otras sustancias. Cada sustancia es caracterizada por un conjunto de propiedades intrínsecas. Además, los fenómenos químicos son frecuentemente presentados como irreversibles y más fundamentales que los fenómenos físicos. La definición de reacción química requiere del concepto específico de sustancia.

3. El concepto de reacción es ejemplificado a través de reacciones específicas. En ellas se enfatiza el hecho de su espectacularidad y su diversidad, y ocasionalmente su impredecibilidad. Desde ese momento, el *currículum* aparece como un intento de respuesta a la posibilidad de predecir el producto de las reacciones.

4. Una manera de predecir las reacciones químicas es desarrollando una teoría explicatoria. El *currículum* implícitamente ofrece dicha teoría demandando que una reacción debe cumplir las siguientes tres condiciones:

1) Conservación de los elementos. Toda reacción que ocurre puede ser balanceada.

2) Disminución de la energía libre del sistema de reacción (o incremento de la entropía del sistema que acompaña a la reacción). Muchas veces no se dice de esta manera pero se usa esta condición en los ejemplos de reacciones ácido-base y óxido-reducción.

3) La velocidad de la misma debe ser "adecuada". Sin embargo la explicación de valores grandes (o pequeños) de energía de activación no forma parte del *currículum*.

La ausencia de una de estas tres condiciones es explicación suficiente para que no ocurra una reacción química.

5. La posibilidad de predecir reacciones químicas se complementa a través de la química descriptiva. La teoría establece las fronteras de las reacciones químicas mientras que la química descriptiva llena el espacio con ejemplos concretos, como las reglas de solubilidad en inorgánica, o las reacciones de grupos funcionales en orgánica.

6. A pesar de que el concepto de reacción es el más fundamental en la química escolar, se relaciona estrechamente con el concepto de sustancia químicamente pura. Este último permite distinguir entre cambio químico y cambio físico. Los estudiantes deben aprender que un cambio de fase y la formación de una mezcla no son reacciones químicas, a pesar de que en esta última sus propiedades no sean las de sus componentes. Como cada sustancia pura está caracterizada por un conjunto de propiedades, es importante aprender cómo aislar e identificar sustancias puras. Esto explica el tema de técnicas de separación tan pronto en el *currículum*.

7. La posibilidad de predecir también se aplica a las sustancias y, como en el caso de las reacciones, la respuesta está en dos direcciones: por el lado teórico se introduce el concepto de valencia, con el cual se pueden predecir formulas, mientras que por el lado descriptivo se ejemplifican sustancias individuales y en grupos.

8. Se realiza una distinción entre el nivel de fenómenos y el nivel de corpúsculos (átomos, moléculas, electrones). Una vez que se introduce el nivel corpuscular se usa para explicar reactividades y/o convenciones (como es el caso de la nomenclatura).

9. La estructura conceptual del *currículum* no implica una filosofía específica de la ciencia o de la química en particular. Tampoco prescribe una forma de enseñar. Mientras que muchos profesores (y libros) aspiran a una transferencia directa del conocimiento, otros prefieren que los estudiantes descubran lo más que puedan por sí mismos. Ambos métodos de enseñanza están basados en el mismo *currículum*.

10. En su desarrollo histórico, la estructura tradicional del *currículum* ha mostrado un desplazamiento desde la química descriptiva a la teórica. Resultado de su enorme crecimiento en los últimos años, la aproximación teórica ofrece una forma más eficiente de organizar el conocimiento; sin embargo, al mismo tiempo hace la química más difícil de aprender por los estudiantes.

ejemplo, de la patética práctica en la secundaria de aprenderse de memoria todos los símbolos de los elementos como equivalente a... ¡saber química!) para "formar" futuros científicos, además de arrogante, es a todas vistas un fracaso.

Una característica importante del *currículum* actual es la rígida relación existente entre las temáticas, las posturas filosóficas inherentes a la química y la pedagogía. Lo anterior se puede comparar con las ideas de Kuhn (que más que ningún otro filósofo

ha insistido en la importancia de la educación en la aceptación de determinado concepto científico) acerca de cómo se realizan las revoluciones científicas, en las que se logra un cambio de paradigma por otro, lo que llevó a identificar cual es la estructura pedagógica de la posición dominante del *currículum* químico (tabla 3).

La principal conclusión obtenida del Foro Internacional, que hay que entender como un diagnóstico, fue: "La educación química normal está aislada

del sentido común, de la vida cotidiana, de la sociedad, de la historia y filosofía de la ciencia, de la tecnología, de la física escolar y de la investigación química actual". Dura y pesimista como es, refleja semejanzas con otras posiciones obtenidas de diversas investigaciones educativas. En particular, las extraídas a partir de las ideas previas de los estudiantes de química (Garnett, 1995; Treagust, 2000) donde se ha reconocido que los estudiantes tienen grandes dificultades con el abstracto e inobservable mundo de la química y más específicamente con la manera en que los profesores se mueven entre las representaciones microscópicas y simbólicas de sustancias y procesos.

Retomemos la lúcida presentación de Claxton (Claxton, 1991) acerca de para qué enseñamos ciencia, en la que distingue ocho posibles objetivos:

- Transmitir conocimientos científicos.
- Mejorar las teorías de los jóvenes sobre el mundo, para que lo puedan comprender mejor y actuar sobre él con más eficacia.
- Hacer que los jóvenes aprendan mejor.
- Formar científicos rutinarios.
- Ser científicos de frontera.
- Pensar rectamente.
- Ofrecer a los estudiantes una comprensión del mundo de la verdadera ciencia.
- Establecer una alfabetización científica.

La ciencia en general y la química en particular que aparece en la posición dominante se centra, como ya se dijo, en el primero de ellos. Transmitir la mayor cantidad posible de conocimientos científicos, por lo que ¡hay que cubrir los programas! ¿Para qué? ¿Quién sabe? Poco se ha hecho y discutido sobre los otros objetivos (aunque desde hace muchos años hay posturas muy claras al respecto como Varsavsky 1975, Bybee 1994, o más recientemente Adúriz 2000). La existencia de una fuerte tradición alrededor del *currículum* (en su posición dominante la cual es avalada por los diferentes exámenes a los que son sometidos los alumnos) plantea la enorme dificultad de su cambio. Como ya se ha discutido cuando se intenta desarrollar un *currículum* alternativo a nivel preuniversitario (Garforth, 1983):

Está claro que hay un cuerpo de conocimientos sin el cual un *currículum* no puede ser llamado química... Además, por nuestra propia experiencia en la escuela, en la práctica profesional y en la enseñanza, no podemos ver nada dife-

Tabla 3. Estructura pedagógica de la posición dominante del *currículum* químico (van Berkel, 2000).

Características	Posición dominante del <i>currículum</i> químico*	Enseñanza de la Ciencia Normal**
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> – iniciación y preparación para el futuro químico profesional – aprender a sistematizar información química: explicación y predicción de propiedades y fórmulas 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>currículum</i> preprofesional; iniciación dogmática a problemas preestablecidos. – mayor entendimiento de los problemas a resolver de acuerdo con el paradigma dominante.
Enseñanza	<ul style="list-style-type: none"> – dogma: propuestas teóricas y algoritmos que se reproducen según la capacidad de la escuela. – actividades que realizan los profesionales de la química. 	<ul style="list-style-type: none"> – los libros de texto conducen a los alumnos en la resolución de problemas empleando lápiz y papel o prácticas cerradas en el laboratorio.
Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> – memorización sin comprensión de diversos algoritmos (hechos, definiciones, teorías, técnicas) 	<ul style="list-style-type: none"> – informar a los estudiantes, de la manera más económica y sencilla acerca de los resultados de la investigación química.

*De acuerdo con el Foro Internacional.

**De acuerdo con Kuhn (Kuhn, 1971).

rente que llene adecuadamente el espacio que llamamos química a ese nivel.

La experiencia desarrollada alrededor de los proyectos curriculares más ambiciosos en cuanto al cambio, Salters y ChemCom, indica la difícil tensión existente entre lo ya conocido y lo nuevo por descubrir, entre la tradición y la novedad. Sin embargo, el construir un proyecto curricular anclado en el contexto de vida de los estudiantes, importante como lo es, no es suficiente. En éste, como en muchos otros casos, la intención determina el contenido y la forma. En su idea original el proyecto ChemCom no aspira a cambiar el *currículum* en su posición dominante, sino únicamente a complementarlo de hecho, se recomienda su uso para aquellos estudiantes que no van a continuar una carrera científica (Sanger, 1996). Y aquí regresamos a la cita previa de Garforth: ¿Qué debe tener un *currículum* para que sea considerado de "química"? Muchos detractores de ChemCom y Salters no consideran que sean de química, entre otras cosas, porque además de lo ya dicho, no tienen el nivel suficiente de fisicoquímica (Greenbowe, 1996). Con los riesgos que ello conlleva a esta difícil pregunta, hemos intentado dar una respuesta desde hace varios años: química es una ciencia que tiene un lenguaje particular (las palabras y los conceptos de

la química), un método propio (análisis y síntesis) y una manera específica de contar (empleando la unidad de cantidad de materia, el mol) (Garritz, 1994). Discutible como lo es, a fin de cuentas eso es lo primero que hay que hacer, indicar intenciones y derivar de ellos contenidos y formas. De otra forma no tiene sentido hablar de educación química (Schummer, 1999).

El *curriculum* cambiará en la medida en que los que lo imparten acepten cambiar (lo cual no sólo significa los temas a tratar sino también, y esto es de fundamental importancia, la manera de evaluarlos) (Chamizo, 2000) y es allí donde hay gran resistencia de muchos profesores a hacerlo. Como se ha dicho en esta misma revista (Talanquer, 2000):

Algunas de las ideas del enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad han cobrado fuerza en nuestro país porque la filosofía detrás de ellas, la propuesta de 'ciencia para todos', resulta muy atractiva... Sin embargo, no basta con que unos pocos, los que dirigen y planean estén convencidos; eso es sólo la primera batalla. La guerra requiere de soldados reflexivos y comprometidos, con la preparación y el apoyo suficientes para hacer de ellos un aliado, y no saboteadores inconcientes o enemigos declarados.

Parece ser que la moda en la vida académica actual es ¡cambiar para que nada cambie! Después de lo aquí dicho sobre el *curriculum* oculto, ¿está usted de acuerdo profesor en continuar con lo mismo o en verdaderamente cambiar? ▣

Referencias

- Adúriz-Bravo A. y Meinardi E., Dos debates actuales en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, **14**, 69-85 (2000).
- Bohoslavsky, R., Psicopatología del vínculo profesor-alumno: el profesor como agente socializante, en *Problemas de Psicología Educacional, Revista de Ciencias de la Educación*, Rosario, Argentina, 1975.
- Bybee R.W. and DeBoer G.E., Research on goals for the science curriculum en *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, NSTA, Washington, 1994.
- Claxton, G., *Educar mentes curiosas*, Aprendizaje. Visor, Madrid, 1991.
- Chamizo, J.A. y Garritz A., La química con nosotros. Una propuesta desde Napanla, *Tarbiya*, **16**, 51-67 (1997).
- Chamizo, J.A. y Hernández, G., Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado. Evaluación de los aprendizajes. Cuarta y última parte, *Educación química*, **11**, 132-137 (2000).
- ChemCom Chemistry in the Community*, ACS, Kendall/Hunt, Dubuque, 1988.
- de Vos, W.; van Berkel, B. and Verdonk, A., A coherent conceptual structure of the chemistry curriculum, *J. Chem. Ed.*, **71**, 743-746 (1994).
- Fletcher, W.J., Science teaching: Are we nurturing scientist or conformists? *New Zealand Science Teacher*, **21**, 46-54 (1979).
- Garforth, F., Chemistry to 16 + Examination: Work in progress-Help needed!, *Education in Science*, 29-30 (1983).
- Garritz, A. and Chamizo, J.A., Chemistry teaching through the students world, *J. Chem. Ed.*, **71**, 143-145 (1994).
- Garnett, P.; Garnett, P., Haling, M., Students alternative conceptions in Chemistry: A review of research and implications for teaching and learning, *Studies in Science Education*, **25**, 69-95 (1995).
- Greenbowe, T.J. and Sanger M.J., The ChemCom Curriculum, *J. Chem Ed.*, **75**, 691-693 (1998).
- Jensen, W.B. (1998), Does Chemistry have a logical structure? *J. Chem. Ed.*, **75**, 679-687; Can we un-muddle the chemistry textbook? *J. Chem. Ed.*, **75**, 817-828; One Chemical revolution or three? *J. Chem. Ed.*, **75**, 961-969.
- Kuhn, T., *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1971.
- Salter's GCSE Chemistry Course*, University of York Science Education Group, York, 1987.
- Sanger, M.J. and Greenbowe, T.J., Science-Technology-Society, STS and ChemCOM courses versus college chemistry courses: Is there a mismatch?, *J. Chem. Ed.*, **73**, 532-536 (1996).
- Scerri, E.R., Philosophy of chemistry-A new interdisciplinary field?, *J. Chem Ed.*, **77**, 522-525, (2000).
- Schummer, J., Challenges for chemistry documentation, education and working chemist, *Educación química*, **10**, 92-101 (1999).
- Talanquer, V., El movimiento CTS en México, ¿vencedor vencido?, *Educación química*, **11**, 381-386 (2000).
- Treagust, D.; Duit, R.; Nieswand, M., Sources of students difficulties in learning Chemistry, *Educación química*, **11**, 228-235 (2000).
- van Berkel, B.; de Vos, W.; Verdonk, A.H. and Pilot A., Normal science education and its dangers: The case of School Chemistry, *Science & Education*, **9**, 123-159 (2000).
- Varsavsky, O. *Ciencia, Política y Cientificismo*, Centro Editor de América Latina, Buenos Aires, 1975.