



## **LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA PRE-UNIVERSITARIA: ¿QUÉ ENSEÑAR, CÓMO, CUÁNTO, PARA QUIÉNES?**

**Dra. Lydia R. Galagovsky**

Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC).  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires  
Ciudad Universitaria, Pabellón II, 1428 Buenos Aires, Argentina  
E-mail: [lyrgala@qo.fcen.uba.ar](mailto:lyrgala@qo.fcen.uba.ar)

*El descenso en la matrícula de estudiantes en ciencias experimentales así como la disminución en sus competencias y conocimientos para completar satisfactoriamente la asignatura Química de los ciclos básicos de otras carreras universitarias es un problema mundial. Al mismo tiempo, la Química, como disciplina científica, abre continuamente nuevas etapas de producción de conocimientos, como la química sustentable, la biología molecular o la nanoquímica con enormes potencialidades para la construcción de una "Sociedad del Conocimiento", el nuevo paradigma de progreso social y económico del siglo XXI. En esta nota la doctora Lydia Galagovsky analiza esta paradoja y discute la necesidad de actualizar los contenidos curriculares de química con el fin de acercarla a la experiencia cotidiana de los estudiantes y promover el interés por las carreras científicas.*

La enseñanza de la Química se halla en crisis a nivel mundial y esto no parece asociado a la disponibilidad de recursos de infraestructura, económicos o tecnológicos para la enseñanza, ya que en "países ricos" no se logra despertar el interés de los alumnos. Efectivamente, en la última década se registra un continuo descenso en la matrícula de estudiantes en ciencias experimentales en el nivel de escolaridad secundaria, tanto en los países anglosajones como en Latinoamérica, acompañado de una muy preocupante disminución en el número de alumnos que continúan estudios universitarios de química. Asimismo, en todos estos países, independientemente de su estado de desarrollo, se observa una disminución en las capacidades en los estudiantes que comienzan las asignaturas de química, que son básicas para otras carreras universitarias o terciarias tales como Medicina, Bioquímica, Nutrición y Enfermería, entre otras.

Paralelamente, la Química, como disciplina científica, abre continuamente nuevas etapas de producción de conocimientos, como la química sustentable, la biología molecular, la nanoquímica, cuyas enormes potencialidades parecen de ciencia ficción a la luz de los conocimientos actuales.

Esta paradoja implica la imperiosa necesidad de replantearse qué, para qué, para quiénes y cómo enseñar química, a las nuevas generaciones.

La intención de este trabajo es reflexionar sobre algunos puntos que constituyen actualmente un motivo de preocupación tanto en países del primer mundo, como en países conscientes de su necesidad de desarrollo.

### **LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO**

A principios de la década de los años 90 el paradigma occidental acerca del "desarrollo de un país" indicaba la necesidad de cada nación de construir y sostener una "Sociedad de la Información". Es decir, la incorporación de las nuevas tecnologías informáticas en todos los ámbitos de la sociedad era el factor crítico para que un país pudiera optar por el crecimiento.

A principios del Siglo XXI, un nuevo paradigma ha entrado en vigencia: actualmente, se considera que el desarrollo de un país requiere la construcción de una "Sociedad del Conocimiento". Esta denominación implica un nuevo concepto, que sostiene que el progreso social y económico de un

país dependerá, cada vez más, de destinar una parte de sus mejores recursos humanos para la generación de nuevos conocimientos.

Los países que han despegado económicamente en las últimas décadas han comprendido este desafío y, como parte del motor de crecimiento constante para el bienestar de sus sociedades, realizan importantes inversiones en el área de Ciencia y Tecnología como una Política de Estado. Por otro lado, cada país desarrollado reconoce, con preocupación, que mantener su Sociedad del Conocimiento en las próximas décadas requiere de la formación permanente de recursos humanos de alto nivel, especialmente en el sector de ciencia y tecnología. **Estos países centrales prevén que educar en ciencia y tecnología a las próximas generaciones se constituye en un objetivo primordial. Por este motivo, intentan fomentar en sus jóvenes el interés por la educación y por el conocimiento en estas áreas. Así, destinan importantes subsidios para promover el interés** (Emsley, 1994, 1998; Gilbert, Stocklmayer y Garnett, 1999; Gilbert y Stocklmayer, 2001) **e investigar cómo llegar a lo que denominan “Excellence in Science Teaching for All” (excelencia en la enseñanza de la ciencia para todos)** (Anrig, 2003).

Enseñar ciencia y tecnología a las nuevas generaciones no es sencillo, y está demostrado que la motivación de los jóvenes por este tipo de educación ha decaído a nivel mundial. Una evidencia generalizada de este fenómeno es el decrecimiento en la matrícula de ingresantes en las carreras de ciencia o tecnología y la mala percepción del público en general sobre la ciencia como actividad humana (Webster, 1996; Royal Society of Chemistry, 2001).

Stocklmayer y Gilbert (2002) comentan que, a pesar de que la mayoría de las decisiones que las sociedades humanas deben tomar están basadas en ideas que se derivan de la ciencia y de sus aplicaciones tecnológicas, es desesperante darse cuenta de que la llamada alfabetización científico-tecnológica (Fourez, 1994) se enfrenta con una serie de desafíos, eventualmente amenazas, en todo el mundo. Los países desarrollados saben que la falta de alfabetización en ciencia y tecnología podrá actuar como un cuello de botella de sus desarrollos en las próximas décadas, por cuanto la población educada en este sentido es la fuente de donde surgirán los recursos humanos altamente calificados de la “Sociedad del Conocimiento”. Sin embargo, estos países centrales podrán cubrir su demanda, cada vez más, con el drenaje que se produce desde los países periféricos. En otras palabras: nuestra gente bien formada tiende a emigrar y no ingresan al sistema educativo en ciencia y tecnología suficientes estudiantes para cubrir las demandas futuras de especialistas de alto nivel en nuestro país.

Argentina se ha caracterizado por generar destacados exponentes de ciencia, reconocidos y galardonados mundialmente. Lamentablemente, en las últimas décadas, también se ha caracterizado por exportar sistemáticamente personas altamente capacitadas en ciencia y tecnología que, ya sea por falta de trabajo, de estímulo o de recursos, han emigrado para emprender proyectos científicos en otros países (La Nación, 2004). Esta situación, insólita para un país que pretende crecer, se ha vuelto catastrófica en la última década por dos motivos fundamentales: por un lado, por la disminución vertiginosa de la matrícula de los ya pocos alumnos interesados en continuar carreras universitarias vinculadas a las ciencias experimentales; y, por otro, por la degradación del nivel de cantidad y calidad en los contenidos científicos y tecnológicos que se *aprenden* en las instancias educativas pre-universitarias.

Durante la década del 90, la Argentina entró, en forma parcial, en la “Sociedad de la Información”, mediante la creación en su propio sistema de subáreas discriminantes en cuanto a su posibilidad de progreso. Esto significa que se formaron bolsones con competencias informáticas, cuyos integrantes tienen la posibilidad de progresar socialmente, mientras que otros sectores han quedado postergados, discriminados en su posibilidad de inserción en el mercado de trabajo. En educación, la instrumentación deficiente de las políticas educativas generó la aceptación de la escuela como lugar casi exclusivo de contención alimentaria de los jóvenes de amplios sectores empobrecidos. Se ha logrado desmerecer la cultura del esfuerzo como valor para el progreso de la sociedad. Aún sin haber resuelto esta situación, la nueva pregunta que nos formulamos es: ¿podremos crear una Sociedad del Conocimiento sustentable en los próximos lustros? Para lograrlo, deberíamos superar varios obstáculos. Por un lado, nuestros jóvenes adhieren a los dictados de la cultura posmoderna. Por otro lado, nuestros docentes están atrapados en el círculo vicioso de tener que enseñar a alumnos totalmente desmotivados extensos currículos de ciencias, llenos de contenidos complejos, que son, en su mayoría, absolutamente nuevos para la formación de la gran mayoría de los docentes.

## **CAMBIOS SOCIALES Y NUEVAS FUNCIONES DE LA ESCUELA**

En las últimas décadas se han producido enormes cambios políticos, tecnológicos y económicos que han impactado fuertemente en el entramado social. De ellos, el impacto producido por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación ha sido sin duda global e irreversible y ha cambiado el curso de la vida social y económica, en más de un sentido.

En el pasado, la escuela fue la institución formadora por excelencia, viniendo desde ella el saber legitimado. Fue, si no la única, al menos la fuente privilegiada de obtención de conocimientos. Actualmente, los medios masivos de comunicación y las nuevas tecnologías de la información (Internet) y la comunicación han invadido y hasta desplazado funciones sociales y culturales antes desplegadas casi exclusivamente por la escuela y la familia. Así, la escuela, como institución fundante de las sociedades modernas está recibiendo un fuerte impacto que socava los fundamentos de su existencia.

Paralelamente a esta etapa en la que grandes sectores de individuos jóvenes están permeados y expuestos a las nuevas tecnologías, existen demandas de parte de las fuerzas vivas de la sociedad que reclaman una escolarización extendida, que incluya a sectores que antes eran radicalmente expulsados de las instituciones de formación, y que actualmente quedarían también postergados, aún como simples usuarios de las nuevas tecnologías. La escuela, además de transmitir cultura y valores, debería impedir que estos sectores empobrecidos quedaran excluidos socialmente por falta de educación.

Tanto el número de años de escolarización como la cantidad de conocimientos mínimos indispensables para el buen desempeño del ciudadano como miembro activo de la sociedad han crecido como una consecuencia natural de la explosión de conocimientos.

Creemos que la escuela debería poder:

- ? Promover en los estudiantes capacidades que les permitieran adaptarse a los nuevos y cambiantes desafíos que presenta la sociedad.
- ? Despertar en ellos capacidades de generar cambios en la sociedad, enmarcados en valores positivos y superadores.
- ? Promocionar una formación sólida e integral de los ciudadanos para ampliar la conciencia crítica.
- ? Proveer a los alumnos de estrategias procedimentales y marcos teóricos que den sentido a los infinitos datos e informaciones que circulan en la sociedad y que, sin herramientas conceptuales y críticas con las cuales analizarlos, podrán conducirlos a tomar decisiones por sometimiento a propagandas, intereses disfrazados, y/o cualquier otro tipo de manipulaciones.

La educación en ciencias debería contribuir a cumplir estas nuevas obligaciones de la escuela. Y este punto trae aparejada una gran responsabilidad para nosotros, los docentes de ciencias. Es tiempo de aceptar que la forma específicamente humana de construir conocimientos se sustenta en la acción motivadora de encontrar relaciones entre la información y las prácticas sociales que les dan sentido. Gran parte de los problemas de aprendizaje de nuestros estudiantes consiste en buscar infructuosamente cuál es el sentido de nuestras acciones de enseñanza... Y esta situación es crítica en las aulas de enseñanza pre-universitaria de Química.

## **LA PRESENCIA DE QUÍMICA EN LOS ESPACIOS CURRICULARES**

Es la sociedad, con sus juicios de valor sobre qué es importante estudiar y qué no, quien decide la importancia de las asignaturas y contenidos relevantes para la educación y, sobre la base de esto, se diseñan espacios curriculares y programas de contenidos, mediados por el trabajo de especialistas o técnicos (Terigi, 1999; Alvarez Méndez, 2000).

En países como Inglaterra, EEUU y Alemania, parte de la comunidad de los químicos científicos se está preocupando por la opinión pública sobre la Química (Gilbert et al., 2002). Podemos visualizar cuán importante es la percepción pública de esta disciplina si aceptamos que es a partir de esta

percepción que, tarde o temprano, se desencadenarán las líneas a seguir en cuestiones de diseño educativo. Si bien los profesores tratamos de seducir a los alumnos con el discurso de que “todo es Química”, o que “Química hay en todas partes”, la realidad, a nivel internacional, indica que el público en general tiene una mala percepción de la Química como disciplina científica, y se la relaciona fundamentalmente con los aspectos negativos de la contaminación ambiental y la toxicidad provocada por “químicos” –desde sus sentidos como sustancia química y como agente (Webster, 1996). Stocklmayer y Gilbert (2002) comprobaron esta percepción en una encuesta realizada en Inglaterra, en el año 2000, que reveló que:

- ? La gran mayoría de la gente encuestada manifestó que la química es "aburrida", y que su percepción la tenía a partir de su escolaridad secundaria.
- ? La mayoría de los maestros consultados veía a la química como una asignatura difícil y aburrida, elegida por gente inteligente, pero poco creativa.
- ? Entre los profesores de la secundaria, las mujeres tendían a ser más negativas respecto de su opinión sobre la química.

En la Argentina, la Química como disciplina escolar está poco menos que desapareciendo en aquellas jurisdicciones donde se ha desarrollado la reforma educativa. Esta desaparición no estaba prevista en la reforma; sin embargo, la complejidad de los efectos que resultaron de su implementación condujo a este resultado “real”. Una de las explicaciones sobre este proceso se basa, justamente, en la mala percepción pública de la Química.

La enseñanza por áreas en el tercer ciclo de la Escuela General Básica (EGB3) de Argentina, ha incluido contenidos de Química desde las declaraciones expresadas en los Contenidos Básicos Comunes para el área de Ciencias Naturales; sin embargo, numerosos motivos sobre los que no vamos a explayarnos en este trabajo han ocasionado la omisión en las aulas de los contenidos de esta ciencia. Esta deficiencia generalmente no puede ser superada en el nivel Polimodal, por dos razones fundamentales:

- a) Existen proporcionalmente muy pocos Polimodales en Ciencias Naturales; y los otros pueden no tener esta disciplina entre sus asignaturas.
- b) Los estudiantes llegan con muy pocos conocimientos y estrategias de estudio, en general, y poca es la eficiencia en los aprendizajes que se logran en estos últimos años de educación preuniversitaria.

La enseñanza de la Química en los Profesorados también se ha desdibujado bajo la necesidad de formar a los estudiantes del profesorado por áreas para que a su vez, los egresados puedan enseñar en el área de Ciencias Naturales en EGB 3; y por el diseño de los espacios curriculares de los primeros años del profesorado, en los cuales hay gran cantidad de horas dedicadas a generalidades pedagógicas.

Ahora bien, más allá del registro cuantitativo de pérdida de horas y de contenidos de Química en el sistema educativo no universitario y de las alternativas para mejorar los actuales diseños curriculares (ver Documentos Curriculares para la DES, 2004) cabe preguntarse ¿qué Química enseñamos y qué Química deberíamos enseñar?

## ¿QUÉ QUÍMICA ENSEÑAMOS?

Es muy interesante notar que el listado de contenidos a ser enseñados en la asignatura escolar Química es prácticamente el mismo, casi independientemente del ciclo educativo en el que nos fijemos; con algunos subtítulos menos, se trata de los temas mencionados en la primera materia de la Universidad (Química General). Evidentemente, este hecho singular está muy relacionado con la formación académica de quienes confeccionaron tales listados para los Documentos Curriculares en vigencia.

**¿Podemos confiar que un buen procedimiento para la selección de contenidos escolares es eliminar subtítulos de los grandes temas que se estudian en la Universidad? Evidentemente este procedimiento encierra una cuestión que parece lógica. Sin embargo, para el caso particular de la Química puede ser muy perjudicial, en términos de lo que resulta importante**

**que los alumnos aprendan, en tanto ellos serán futuros ciudadanos y apenas una ínfima proporción de ellos serán futuros científicos.**

## ¿CÓMO SE GENERÓ EL CURRÍCULO ACTUAL DE QUÍMICA?

La Química fue introducida como una materia regular de la escuela secundaria en Holanda en 1863, sorprendentemente temprano si consideramos el desarrollo de la Química en esos momentos (Wobbe de Vos, 2002). Para nombrar unos pocos ejemplos, en 1863 la Tabla Periódica de elementos de Mendeleiev era todavía desconocida, no había teoría sobre el equilibrio químico, nada se sabía sobre la estructura del átomo y, consecuentemente, las uniones químicas eran un gran misterio. Kekulé publicó su fórmula estructural del benceno en 1865 y el trabajo de Van't Hoff sobre la forma tridimensional de las moléculas orgánicas no apareció hasta 1874. De hecho, en 1863 los químicos sólo habían podido acordar –tras el encuentro en Karlsruhe en 1860– sobre la fórmula del agua como  $H_2O$  y no  $OH$ . La pregunta que surge es: ¿por qué enseñar química en la escuela secundaria en los Países Bajos en 1863?

La razón principal fue que a mediados del siglo XIX habían comenzado a surgir industrias químicas tanto en Europa como en Norteamérica. Algunos productos químicos, incluidos el ácido sulfúrico, el hidróxido de sodio, cloro, varios pigmentos basados en la anilina y otros compuestos, aparecieron en el mercado mundial o comenzaron a ser producidos en escala masiva, y de esta forma se abarataron sus costos. Los Países Bajos no eran parte de los países pioneros en la industria química, pero tenían una amplia tradición en comercio internacional y el gobierno determinó que una “experticia” era necesaria para analizar tales productos industriales, para ser capaces de comprarlos y venderlos adecuadamente. Se esperaba, entonces, que los estudiantes de la escuela secundaria –jóvenes pertenecientes a una elite- adquirieran las competencias básicas en química analítica, para que algunos de ellos, con relativamente poco entrenamiento, pudieran trabajar en laboratorios químicos.

La realidad, sin embargo, devino diferente. La enseñanza de esta nueva asignatura fue puesta en manos de químicos, que tenían un diploma universitario. Estos profesores estaban muy atentos a la naturaleza científica de esta asignatura, y desde el comienzo la enseñaron tal como la habían aprendido en la universidad. Ellos argüían que sus estudiantes no podían aprender sólo habilidades sin ser bien introducidos en el contexto científico. Como resultado, la escuela ofrecía una versión simplificada de lo que se enseñaba en la universidad, mediante textos universitarios adaptados.

El aprendizaje se centraba en:

- ? Química descriptiva: algunos hechos, más o menos sistemáticamente ordenados, consistentes en los compuestos y reacciones ya conocidas.
- ? La mayoría de las pocas teorías que eran aceptadas por los químicos, usando también símbolos, fórmulas y tablas de pesos atómicos.
- ? Algunas de las técnicas de laboratorio usadas por los químicos.

En 1860 no era inapropiada la intención de introducir en la escuela conocimiento profesional de la época. Hacia fines del siglo XIX se desarrollaron las teorías físico-químicas, tales como electroquímica, equilibrio, cinética y química termodinámica, seguidas en el siglo XX por las teorías atómicas, las teorías sobre las uniones químicas y la cuántica. También se descubrieron, sintetizaron, desarrollaron o estudiaron nuevos compuestos y tipos de materiales (entre ellos, polímeros naturales y sintéticos); hicieron irrupción nuevas técnicas experimentales, tales como la difracción de rayos X y distintas espectroscopias. Se desarrolló fuertemente la bioquímica, lo que abrió nuevos campos de conocimiento en ciencia y tecnología. Debido a que la idea de que la química en la escuela debía ser un panorama de lo que es la química como disciplina científica, se pensó que todo debía agregarse (Wobbe de Vos, 2002). Así, poco a poco, el currículo de la asignatura Química se fue engrosando con la inclusión temas nuevos.

El crecimiento exponencial de la Química durante los siglos XIX y XX se caracterizó por una fuerte correlación entre los avances científicos y tecnológicos y las demandas de la sociedad, a cuyos cambios contribuyó notablemente (Garritz, 1999). Este período se caracterizó por tres importantes desarrollos:

- 1- Una explosión en la cantidad de conocimientos teóricos de química.

- 2- La química y tecnologías químicas aportaron soluciones a diferentes problemas en el ámbito humano, social y económico. Sin embargo, hacia fines del siglo XX se tomó conciencia de que muchas de esas soluciones tenían, a su vez, efectos indeseables a nivel ambiental.
- 3- La sociedad occidental tomó conciencia sobre la necesidad de educación para todos; así, la química que en 1863 se introdujo para la formación de una pequeña elite, ahora es una disciplina integrante de una educación general y básica.

En el siglo XIX un avance científico podía ser aplicado tecnológicamente luego de 100 años, para mediados del siglo XX la transferencia de los conocimientos referidos al rayo láser se produjo en sólo un año (Ander Egg, 1985). Actualmente, los descubrimientos científicos requieren de tecnologías muy especializadas, desde el microscopio de efecto túnel a los *microarrays* de biología molecular, la competencia por la investigación de punta es muy dependiente de los descubrimientos tecnológicos y, a su vez, las grandes empresas hacen sus propias investigaciones, derivando al mercado tecnológico sus mejores descubrimientos.

Así, dada la vertiginosa aparición de nuevos temas que eventualmente se pueden o deben enseñar, la educación en ciencia y tecnología se ha vuelto hartamente problemática. La tensión entre lo que existe como conocimiento científico y tecnológico fuera de las instituciones escolares es de tal magnitud, que es incomparable respecto de aquella tensión de fines de siglo XIX en Holanda.

Según Wobbe de Vos y colaboradores (2002), el currículo actual de Química en Holanda -- pensado desde un listado de contenidos, así como desde las metodologías con que se lo enseña-- no brinda a los estudiantes una idea adecuada de qué es lo que está pasando en los modernos laboratorios de investigación científica y tecnológica en química, y no los atrae a continuar estudiando esta disciplina científica --más bien los induce a todo lo contrario. **El triunfo de la disciplina científica Química se convirtió en la tragedia de la materia escolar Química... ¿Por qué?**

Los autores holandeses han investigado el desarrollo del currículo y proponen un análisis para entender sus deficiencias. Según ellos, los nuevos tópicos se agregaron como capítulos o como información adicional al final de cada capítulo a medida que los viejos temas eran presionados por los nuevos. Señalan que el currículo moderno de química presenta un perfil de tipo sedimentario; es decir, sucesivas capas de conocimiento se han depositado una sobre otra. Estas capas no siempre están bien conectadas y algunas veces son inconsistentes entre ellas.

En diferentes libros se presentan contextos que se han dado uno tras otro durante años, desde Lavoisier, las teorías iónicas, la teoría del equilibrio químico, las teorías de Brønsted-Lowry, los contextos de nuestra vida cotidiana y los contextos bioquímicos. Los autores holandeses dan un ejemplo de este perfil sedimentario para el tema ácidos y bases y muestran cómo esta información incoherente sobre "la" teoría ácido-base contiene inconsistencias entre sus capas, que conducirían a que el tema sea difícil de enseñar y de entender (ver Nota al final del artículo).

Wobbe de Vos y colaboradores, encuentran el caso concreto de estas capas sedimentarias en el capítulo de ácidos y bases del libro de texto de la escuela secundaria en Holanda denominado *Chemie* (1998). Señalan que, por ejemplo, el capítulo comienza con un contexto de la vida cotidiana: probar el gusto de los ácidos. En las dos oraciones siguientes, el "ácido" es una solución (vinagre), o una sustancia (ácido acético), una solución de una sustancia (una cierta solución de ácido acético en agua). El texto continúa explicando la escala de pH y se deriva en las nuevas secciones que describen "ácido" como una partícula de la cual se puede separar un protón. *"Estos ejemplos muestran el nivel más bien problemático de la coherencia del capítulo. Su estructura no es el resultado de una estrategia pedagógica. Por el contrario, es el producto de un proceso histórico, una acumulación de decisiones separadas sucesivas"*, dicen los autores.

Esta misma situación se da en otros puntos del currículo y algunos investigadores han evidenciado las confusiones de los alumnos sobre temas centrales y tradicionales de Química (Schmidt, 1991, 1998).

Otro punto señalado por los autores holandeses se refiere a que la incorporación de las últimas capas sedimentarias de información se ha efectuado a expensas de haber dejado afuera el razonamiento científico que originó tales conocimientos. Esto conduce a una visión ahistórica de la Química y remite a una imagen de ciencia cerrada, con verdades reveladas o descubiertas por “genios de la ciencia”. Los autores señalan que, por lo que ellos conocen, al menos estas situaciones son similares en Inglaterra, EE.UU y Australia.

El simple ejercicio de revisar los libros de texto usados en la Argentina nos muestra una situación muy similar en nuestro país.

Níaz y Rodríguez (2002) encontraron, a su vez, que desde 1980 se releva que los textos escolares comienzan a “ahorrar esfuerzo” y *dejan de lado las evidencias, el razonamiento y las discusiones en el seno de las cuales aparecieron las teorías científicas de alto nivel*. En otras palabras, la mayoría de los textos y la enseñanza de Química en la escuela presentan a esta ciencia como una serie de verdades cerradas y acabadas, separadas del debate y de las argumentaciones teóricas y experimentales que le dieron origen. Como consecuencia, los estudiantes se sienten alejados de la Química, ya que ésta no está relacionada con sus entornos cotidianos, y les resulta irrelevante para sus vidas como ciudadanos.

*“Saber lo que otros han hecho, cómo lo han hecho, cuánto les ha costado y cuánto han obtenido en término de satisfacciones intelectuales y emocionales, puede constituir una excelente estrategia para motivar a los alumnos”,* ha expresado Campanario (1999).

Níaz (2004) ha resaltado: *“La gran mayoría de los actuales científicos y docentes, han sido formados con una tradición epistemológica empirista y una visión a-histórica de la química, y esto es en parte debido a que pocos son los libros de texto, aún los de niveles universitarios, que muestran algunas de las controversias que durante años pugnarón por sostener paradigmas científicos en conflicto* (Brito, Rodríguez y Níaz, 2005). (...) *“Sin el marco histórico y epistemológico, se presentan a los estudiantes los modelos científicos, leyes y teorías de Química como saberes acabados, definitivos, en los cuales deben creer con fe ciega.”*

## ¿SE PUEDE CAMBIAR EL CURRÍCULO DE QUÍMICA?

*“Se enseña la misma Química para todos los ciudadanos, aunque es evidente que una mínima parte de estos ciudadanos se convertirán en profesionales o investigadores químicos. El currículo, enfrenta a todos los alumnos con abstracciones teóricas, alejadas de sus entornos cotidianos e irrelevantes para sus vidas como ciudadanos. La tradición de enseñar química desde un punto de vista científico, en lugar de haber enfrentado las cada vez mayores dificultades que aparecen, se ha vuelto auto-referente (self-evident). Así como se presentan los contenidos de Química, son inaccesibles, incomprensibles hasta llegar al punto de ser esta asignatura percibida como de relevancia nula para la vida de los alumnos.”* (Wobbe de Vos, 2002)

También en la Argentina, el currículo de Química para la escuela secundaria o para el Polimodal se organiza, tradicionalmente, con fines propedéuticos; es decir, se intenta enseñar contenidos para que los alumnos aprueben o tengan un buen desempeño en la primera asignatura Química de la Universidad. Quizás lo más grave es que este currículo, al ser auto-referente, es generalmente aceptado como la única posible introducción al conocimiento químico.

Recordemos ahora cómo se arma un currículo. En general, dice Osborne (2000) es un proceso de pasos, donde los técnicos convocados llegan a consensos, borrando algunos tópicos y poniendo otros. Este proceso parece conducir a la preservación de la “tradición”, nunca hubo un intento de enfrentar los cada vez más numerosos problemas subyacentes, de un modo más fundamental. *“Re-hacer el currículo de química se ha vuelto un serio problema y una tarea donde difícilmente se pueda escapar de la tradición de cómo hacerlo, que también ha sido auto-referente en los últimos tiempos.”*

En nuestro medio ha ocurrido un proceso semejante. Parece paradójico, pero la tradición de consultar a los expertos científicos sobre qué temas enseñar en los niveles pre-universitarios, parece conducir en la Argentina y a nivel mundial, a esta situación crítica en la cual la disciplina escolar Química es “la más odiada”.

## ANTES DE CUALQUIER CAMBIO...

Antes de cualquier cambio deberíamos clarificar qué objetivos tenemos al enseñar Química, teniendo en cuenta que:

? El objetivo preponderante de los profesores debería ser educar a los jóvenes para una sociedad democrática, como profesionales competentes que puedan adaptarse a los cambios en las demandas de trabajo de la economía post-industrial, para que asuman y exijan compromiso y participación crítica. El sistema educativo debe asumir una biodiversidad de objetivos para educar a la población en general; y no centrarse en un sólo objetivo que beneficie a algunos pocos.

? ¿Será adecuada la estrategia de seguir agregando capas al diseño sedimentario tradicional del currículo de Química? La desaparición de las certezas de la modernidad incluye, por ejemplo, la pérdida de valor en la certeza *“vale la pena el esfuerzo en el estudio para llegar a ser alguien en la vida”*. Un currículo de Química totalmente alejado del interés y de las posibilidades cognitivas de los estudiantes, que les demande gran esfuerzo de estudio de utilidad nula, generará en ellos un rechazo sistemático por la asignatura; incluso, un rechazo *a priori* de intentar aprenderla. Esto contribuirá a la mala percepción pública de la Química.

? Tomar conciencia sobre la inmensidad de conocimientos ya existentes en Química y la potencialidad de su magnificación en los próximos años es la única certeza que podemos asumir (esto es simultáneo con el desarrollo de otras ciencias que también se reflejan en la escuela). Desde esta perspectiva cabe aceptar que **el agregado de más temas en los listados de contenidos a enseñar no es, ni será, el camino más apropiado para modificar el currículo.**

## ALGUNAS SUGERENCIAS SOBRE CÓMO CAMBIAR EL CURRÍCULO DE QUÍMICA

Wobbe de Vos y colaboradores (2002) proponen dos ideas sobre cómo pensar el cambio en el currículo: tener en cuenta (a) el rol de los estudiantes, y (b) las caras de la química.

a- El papel de los estudiantes:

*“El currículum de la escuela secundaria no debería considerarse el primer paso de entrenamiento para la investigación científica. Parece legítimo, sin embargo, tratar de darles una idea de lo que significa llegar a ser y ser un investigador científico.”*

No solamente se espera que la educación general entrene a los estudiantes para su vocación específica, sino que los prepare para varios aspectos de su vida adulta, como el de ser ciudadanos responsables frente a decisiones en biotecnología, ambientales, socio-científicas, etc.

Es importante que los estudiantes que no continuarán carreras del área de ciencias químicas, se lleven de la escolaridad pre-universitaria una idea más cercana a la Química como una fascinante empresa humana sobre el conocimiento del comportamiento de las sustancias, que una imagen de incoherentes símbolos ininteligibles y una enumeración de procedimientos rutinarios y sin sentido.

b- Las caras de la química:

✓ *“Cara tecnológica: la tecnología química no debe ser sólo entendida como una ciencia aplicada (Gardner, 1993). La tecnología diseña procesos teniendo en cuenta aspectos del producto como la calidad, el costo, el tiempo, problemas de escala, distribución, almacenaje y manejo de desperdicios y subproductos. La tecnología química es, desde el punto de vista de los estudiantes, mucho más abordable desde sus vidas cotidianas. No sólo parece razonable incluir tecnología química en las currícula, sino también comenzar por allí, porque sus motivos dan relevancia a las actividades químicas.”*

✓ *“Cara de la artesanía química: El conocimiento artesanal nunca se hace de términos teóricos explícitos. No se enseña con lecciones de tiza y pizarrón sino en secciones de trabajo entre maestros-expertos y novicios. La artesanía juega un rol muy importante en la sociedad y los estudiantes deberían darse cuenta de esto.”*

✓ *“Cara mágica de la química: La química es magia para, al menos, el 90 % de la población mundial. La alquimia es el origen mágico de la química. Enseñar química como magia, significa enseñar preguntas sin la inmediata presentación de las respuestas correctas. Enseñar con magia significa dejar a los estudiantes que pregunten y se maravillen bastante tiempo, antes de ofrecerles la explicación racional que, supuestamente, ellos deberían entender y aprender. En la enseñanza tradicional, frecuentemente ofrecemos respuestas mucho antes de que los estudiantes tengan la oportunidad de hacerse la pregunta. Maravillarse auténticamente inspira a los estudiantes para investigar, para diseñar experimentos y para esmerarse en encontrar sus propias respuestas. Esta es una precondition esencial para desarrollar la actitud crítica de un investigador. La intención de la educación no debería ser enseñar hechos o teorías químicas específicas, sino desarrollar tal actitud en los estudiantes.”*

Evidentemente, cualquier cambio requiere clarificar objetivos generales de la enseñanza de la Química y que sus significaciones sean consensuadas por quienes tomarán las decisiones curriculares. No es lo mismo educar para *motivar* a los estudiantes que para *aprobar el ingreso en la Universidad*. No es lo mismo educar para la *construcción de conocimientos en equipos de trabajo*, que para que los estudiantes se *saquen un seis en la prueba y no se lleven a diciembre la asignatura*; etc. Cada nivel educativo, cada región, institución o, incluso, cada curso, puede necesitar objetivos diferentes... ¿Es lícito imponer el objetivo de enseñar química para aprobar el ingreso a la Universidad a todos los estudiantes de todos los cursos de todas las escuelas del país?

En función de los objetivos generales se deberán seleccionar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales y delinear actividades coherentes con ellos. Es decir, lograr una articulación entre el discurso de documentos curriculares con las prácticas reales que se desarrollen en las aulas.

Quizás, hasta fuera necesario el cambio de nombres en estas “nuevas” asignaturas del área de Química, para ayudar a superar la tan fuertemente arraigada *tradicición* que impone que un listado de contenidos para la química escolar debe estar asociado unívocamente al listado de contenidos obtenidos de los índices de los libros universitarios. Esta diversidad académica que, con calidad, tiene como objetivo atender a la diversidad de intereses y capacidades de la población de estudiantes, debería complementarse con una opción, dentro de la escuela, que permitiera a los alumnos que así lo quisieran, profundizar contenidos específicos de Química para aprobar un ingreso a la Universidad.

Es imprescindible conformar campos interdisciplinarios donde se explicita la presencia de los conceptos de Química, sus tecnologías e implicancias sociales, económicas y políticas. Es decir, es importante el reconocimiento de la Química no sólo en las asignaturas de las ciencias naturales, sino también en otras. Obviamente, esto implica comunicación entre docentes y producción de materiales específicos a partir del involucramiento de los expertos en química que realicen producciones específicas para aportar a las otras disciplinas. Como simples ejemplos podemos pensar en (a) la supremacía de unos pueblos primitivos sobre otros en base a las tecnologías metalúrgicas –y por lo tanto las herramientas y armas– que poseían; (b) los millonarios recursos económicos que mueve la industria farmacéutica actual a nivel mundial y las posibilidades que brinda su enseñanza, involucrando por ejemplo, sus implicancias en economía; las discusiones sobre el origen de medicamentos a partir de la cultura de los pueblos nativos de cada región; las reflexiones sobre biodiversidad (para obtención de moléculas bioactivas) versus explotación de tierras; sobre procesos industriales contaminantes y su localización; las luchas por las legislaciones sobre propiedad intelectual de patentes farmacéuticas con sus implicancias en áreas legales, de salud, de bienestar social, etc., en los diferentes países. (c) También los desarrollos que cambiaron a la sociedad, como la fabricación de la soda solvay, del jabón, de los colorantes sintéticos, de los antibióticos, de la píldora anticonceptiva, de los pesticidas, etc., etc.

Estas informaciones pueden trabajarse desde narraciones, tanto en clases de lengua como de historia o geografía, o economía, biología, o incluso desde problemas matemáticos. Se trata de organizar un currículo multirreferenciado (Astolfi, 1998).

Es también importante diferenciar entre la Química que necesita un ciudadano para participar en la toma de decisiones sobre problemáticas que afecten su quehacer cotidiano y aquella Química apropiada para el artista, el especialista de comidas, la enfermera, el experto, etc. [Un acercamiento interesante a esta propuesta se ha plasmado en el desarrollo del plan de estudios de Escocia donde la química se enseña en el nivel macroscópico y los estudiantes tienen la opción de acceder al simbólico y o al molecular según su interés (Wobbe de Vos, 2002)].

Esto significa una adaptación para los niveles educativos técnicos, pero, sobre todo, en la escuela en general lograr un acercamiento a la Química desde el manejo de materiales macroscópicos (como soluciones, mezclas, materiales diversos), el estudio de sus propiedades y la modelización de procesos y propiedades. Se sugiere, entonces, implementar un enfoque inverso al actual, que comienza y prácticamente se circunscribe a definir los fundamentos fisicoquímicos de la materia, a las descripciones simbólicas en diferentes lenguajes crípticos del nivel submicroscópico de la materia -- sus aspectos invisibles-- y que, generalmente, nunca llega a tiempo de trabajar con los materiales macroscópicos reales del entorno cotidiano, y poner en evidencia sus propiedades mensurables.

Finalmente, cabe relatar que para tener en cuenta algunas de estas complejidades planteadas más arriba, en algunos países se ha intentado incorporar al currículo algunos tópicos, genéricamente llamados como visiones de Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y CTS-Ambiente (CTSA). Sin embargo, muchas veces, al ser estas propuestas abordadas en el aula con la lógica tradicional de la química escolar, se pone el acento nuevamente en cuestiones académicas, dejando de lado la relación de estos conocimientos con la transferencia tecnológica y su impacto social en la vida diaria, tornándolas nuevamente en algo abstracto, alejado, ajeno a la comprensión y el interés de los alumnos. O bien, se abordan desde una pretendida complejidad (que incorpora discusiones y pugnas de intereses creados por diferentes sectores de la sociedad) que, finalmente, encierran un tratamiento superficial de los temas de ciencia.

## CONSIDERACIONES FINALES

Los procesos de reforma de los sistemas educativos y del currículo en la enseñanza han modificado los objetivos del área de ciencias y de la química, en particular. La decisión de incluir ciencia en la educación obligatoria y de pretender una enseñanza de ciencia para la ciudadanía (alfabetización científico-tecnológica) han disminuido la importancia de los contenidos disciplinares y han situado en un campo más prioritario la comprensión pública de la ciencia, los procedimientos y las actitudes hacia las ciencias (Caamaño, 2001).

Las discusiones respecto de la selección de contenidos de Química a enseñar en los diferentes niveles de escolaridad es una problemática abierta a nivel internacional. Por un lado, aquellas visiones más cercanas a la enseñanza de la Química con un objetivo de "entendimiento público", o de mostrar a la Química como un "conocimiento construido socialmente", recomiendan fuertemente un recorte en la cantidad de contenidos a enseñar en función de una profundización en los aspectos del origen y aplicación de los conocimientos químicos y en la experimentación --aún sólo demostrativa--, para aumentar la motivación de los alumnos. Por otro lado, las visiones centradas en la necesidad propedéutica de enseñar Química para aprobar esta asignatura en el ingreso o en el primer año del nivel Superior, recomiendan continuar con los programas analíticos de contenidos ya establecidos como "tradicionales". La primera tendencia no está aún reflejada masivamente en textos; y tampoco se ha resuelto cómo llevarla a cabo apropiadamente. Algunos de estos textos (Buell et al., 1994; Schwartz et al., 1994) agregan tópicos --generalmente ambientales-- a la profundidad tradicional con la que se enseña Química; sin embargo, el agregado de más información para motivación de los estudiantes puede llegar a complicar más la enseñanza conceptual tradicional.

La baja en la matrícula de alumnos que continúan la carrera universitaria de Química y la mengua en conocimientos y competencias del área de química con que llegan los alumnos al nivel Universitario y Superior para cursar las asignaturas de Química básica son un problema mundial, como ha quedado reflejado en numerosas ponencias de la *18<sup>th</sup> International Conference on Chemical Education* (3-8 de Agosto de 2004, Estambul, Turquía). La tendencia que comienza a evidenciarse es la necesidad de los sistemas educativos de Nivel Universitario a adaptarse a esta situación, teniendo que implementar cursos de verano --o cursos pre-universitarios-- para homogeneizar las competencias básicas de conocimientos en los estudiantes que llegan a este nivel.

Esperar que los niveles educativos previos al Nivel Universitario organicen su diseño curricular tanto para acentuar la motivación y la atracción de los estudiantes --futuros ciudadanos con poder de decisión-- hacia la ciencia y, en especial hacia la Química, y pretender, al mismo tiempo, satisfacer las demandas propedéuticas de una mínima proporción de estudiantes que seguirá carreras de base científica, es algo que merece reflexión y consideración desde quienes tienen decisión sobre políticas curriculares y educativas.

La Química, como ninguna otra disciplina científica, comprende conceptos que son completamente abstractos, que sirven para interpretar las propiedades macroscópicas de los sistemas materiales y sus cambios. Polvos amarillos pueden ser elementos, sustancias puras o mezclas; líquidos o gases incoloros pueden ser diferentes sustancias o diferentes mezclas... ¿Qué posibilidades cognitivas, desde sus experiencias previas de aprendizaje perceptual, tienen los estudiantes para comprender conceptos químicos abstractos, si ni siquiera conocen esas propiedades macroscópicas? De esto se desprende claramente que, particularmente en EGB 3, es fundamental que los estudiantes puedan ir tomando conciencia sobre qué tipos de materiales existen, cuáles son sus propiedades, cómo pueden hacerse evidentes dichas propiedades, cómo pueden ser medidas y para qué sirven (aplicaciones tecnológicas diferenciales); y, finalmente, cómo pueden cambiar y por qué, al transformarse unas sustancias en otras. Sólo así la sistematización en la interpretación simbólica, que tiene carácter de "modelo" --con sus implicancias de interpretación y de predicción de experiencias--, tendría algún sentido explicativo. Tal como está concebido y ejecutado, el currículo de Química actual no responde, prácticamente, a ninguna pregunta que los alumnos se formulen sobre su entorno real. Supuestamente, se contestan en las clases preguntas que "se hace la ciencia", pero esa ciencia no es ni la actual, ni la que pueda identificarse con fenómenos cotidianos.

El punto de modificar el currículo tradicional de Química es crítico. Parece que las decisiones que toman los científicos de las diferentes subáreas de Química, cuando son consultados para definirlo, suelen estar sesgadas por su pasión de investigadores; y proponen incorporar al currículo lo que es atractivo para ellos; sin embargo, esos temas no resultan necesariamente apasionantes para los estudiantes. Muy por el contrario, puede generarles enormes dificultades de comprensión y falta de motivación hacia esta asignatura (Johnstone, 1991, 1997).

**Poder cambiar el currículo de Química implicará liberarse de prejuicios que se han constituido en verdaderos juicios categóricos a través de la consolidación de sus premisas en el tiempo y en diferentes lugares. Sabemos que cambiar el listado de contenidos de Química y el procedimiento de elegirlos, será uno de los puntos más álgidos de cualquier reforma educativa en ciencias; ya que ambas cuestiones se han vuelto autorreferentes.**

**Cualquier cambio innovador requiere un grupo de expertos que lo genere (por escrito), que se ponga a prueba en las aulas (en pruebas piloto) y se reformule, y que se capacite a los docentes antes de lanzarlo a una implementación más generalizada en las aulas. Cualquier otra forma de instrumentación de un currículo no tradicional podrá ser, seguramente, ferozmente resistida, o mal interpretada. Es decir, hacer sugerencias sobre "lo que no hay que dar en Química pre-universitaria" puede ser un arma de doble filo, si estas declaraciones no van de la mano de propuestas de alternativas bien entendidas.**

Lo dicho hasta aquí se ha basado, fundamentalmente, en preguntarnos qué Química enseñar, por qué y para quiénes. No hemos tratado aquí el "cómo" enseñar contenidos. La Didáctica de la Química es una disciplina que está comenzando su desarrollo a nivel mundial. Hasta el presente son más las reflexiones sobre las dificultades en el aprendizaje de temas particulares que las propuestas sobre cómo superarlas. Según Bucat (2004), es necesario abrir nuevas líneas de investigación en el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) (Pedagogical Content Knowledge, PCK), que se centren en las dificultades propias del aprendizaje de cada contenido disciplinar y en las formas alternativas de enseñanza, posibles de aplicar a diferentes grupos de alumnos. Coincidimos con esta propuesta; y, aunque no nos explayaremos en esta ocasión, numerosas son las producciones que ya hemos logrado en estos años de investigación en el CEFIEC para identificar dificultades de aprendizaje de ciertos temas de Química para, luego, iluminar diferentes alternativas para su mejor enseñanza (Cortón et al., 1999, 2000, 2002; Ciliberti y Galagovsky, 1999; Galagovsky, 1993, 1996, 2004a,b, Galagovsky et al., 1994, 1998, 2000, 2001, 2003; Haim et al., 2003).

**Nota:** Ejemplo de inconsistencias en la “teoría ácido-base” (Wobbe de Vos, 2002):

Por un lado, mientras que en el contexto analítico una solución se describe en término de qué ha sido disuelto, el contexto de Arrhenius exige una descripción en términos de la composición real de la solución. Entonces, en vez de decir que una solución contiene 0.1 moles de ácido acético por litro, se espera que los alumnos, en el contexto de Arrhenius, describan la solución en términos de la concentración de iones hidrógeno, iones acetato, y acético no disociado.

Paradójicamente, la acidez de una solución de ácido acético se atribuye a la parte del ácido acético que ha sido ionizado y, por lo tanto, que ya no está presente como ácido. Si las soluciones de dos ácidos débiles son ambas 1 M, la solución de ácido más débil es menos acídica, aunque contiene más ácido (del no ionizado).

La notación de tales soluciones es sumamente confusa. En la mayoría de los libros, simplemente se escribe “HAc (aq)”, que desde el contexto de Arrhenius y Bronsted parece estar justificado porque normalmente una pequeña parte de este ácido débil está ionizada. Desafortunadamente, esta notación ignora el hecho esencial de que la solución es acídica. No está claro tampoco, cómo proceder en este contexto cuando en soluciones muy diluidas, una gran parte del ácido débil está ionizado. Pareciera que, en la práctica, la notación “HAc (aq)” viene del contexto de síntesis.

El armado correcto de una Red Conceptual sobre el tema ácidos y bases (Galagovsky, 1996) requirió desarticular conceptualmente estas inconsistencias, muy bien señaladas desde el contexto de currículo en capas sedimentarias por Wobbe de Vos (2002).

## Bibliografía

ALVAREZ MÉNDEZ, JM (2000). Didáctica, Currículo y Evaluación. Ensayo sobre cuestiones didácticas. Miño y Dávila Editores, Buenos Aires/Madrid

ANDER EGG, E (1985). ACERCA DEL PENSAR CIENTÍFICO. Ed. Humanitas. Buenos Aires.

ANRIG, G (2003). Large-Scale Improvement of Teaching and Learning: what we know, what we need to know. Conferencia plenaria en el 76<sup>th</sup> Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Conference Theme: Excellence in Science Teaching for All. Filadelfia, EEUU, 23-26 Marzo de 2003.

ASTOLFI, JP (1998). Desarrollo de un currículo multirreferenciado para hacer frente a la complejidad de los aprendizajes científicos. Enseñanza de las Ciencias, 16 (3), 375, Barcelona.

BUELL, P AND GIRAUD J (1994). Chemistry. An environmental perspective. Prentice Hall, New Jersey.

BUCAT, B. Implication of Chemistry Education Research: Pedagogical Content Knowledge as a way forward. Conferencia, 18<sup>th</sup> International Conference on Chemical Education, 3-8 de Agosto, Estambul, Turquía. (Proceedings, page 6).

CAAMAÑO, R. (2001). La Enseñanza de la Química en el Inicio del Nuevo Siglo: Una Perspectiva desde España. Educación Química, 12 (1), pág. 7. México.

CAMPANARIO, J.M. y MOYA, A (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. En Enseñanza de las ciencias.17.

CONTENIDOS BÁSICOS COMUNES (1996). Consejo Federal de Educación, MCyEN

CILIBERTI, N. Y GALAGOVSKY, L. (1999). Las redes conceptuales como instrumento para evaluar el nivel de aprendizaje conceptual de los alumnos. Un ejemplo para el tema de dinámica, en Enseñanza de las Ciencias, 17 (1), 17-29.

CHEMIE (1998). Chemie, vwo bovenbow, deel 1 (A-level of Chemistry, part 1). Groningen: Wolters-Noordhoff

CORTÓN, E; HAIM, L; KOCMUR, S and GALAGOVSKY L (1999). CO<sub>2</sub> Potentiometric Determination and Electrode Construction. a Hands-on Approach. *Journal of Chemical Education*, 76 (9), 1253-1255.

CORTÓN, E; HAIM, L; KOCMUR, S and GALAGOVSKY L (2000). CO<sub>2</sub> Potentiometric Calibration in Gaseous Phase. Application in Different Laboratories Activities. *Journal of Chemical Education*, 77 (9), 1188-1190.

CORTÓN, E; HAIM, L; KOCMUR, S; VISBEEK, G and GALAGOVSKY L (2002). A non-radioactive simulation of the Viking mission labeled released (LR) experiment: A search for evidence of life. *J. Chem. Ed.*, 79 (9), 1105-1109.

DOCUMENTOS CURRICULARES (2004) para la Dirección de Educación Superior, Provincia de Buenos Aires. Núcleos temáticos sobre la disciplina Química. Coordinación: Galagovsky, L, Co-autores: Castro Marta, Colotta Juan Pablo, Cutrera Guillermo, De Fago Alejandra, Diez María Luz, Etchart Sergio, Giménez Mónica, Gómez Mabel, Liloff Gustavo, Manavella Ana, Moreno Roberto, Scandrolí Norberto, Scarpello Edith Ester, Pérez Mónica, Vargas Luis, Venafri Alicia, Zanassi, Graciela.

Documento 1: Situación de la Enseñanza de la Química y de las Ciencias Naturales

Documento 2: Problemáticas de enseñanza y aprendizaje de la Química.

Documento 3: Trayectoria del campo disciplinar de la Química.

Documento 4: Trayectoria de la didáctica especial de la Química y de las Ciencias Naturales

Documento 5: Corrientes didácticas, políticas educativas y prácticas escolares y su relación con la enseñanza de Química

Documento 6: Líneas directrices acerca de posibles cursos de acción para el mejoramiento de la enseñanza de la Química en los diferentes niveles educativos

EMSLEY, J (1994). *Molecules at an exhibition*. Oxford: Oxford University Press.

EMSLEY, J (1998). *The consumers's good chemical guide*. Oxford: Spectrum.

FOUREZ G. (1994) *Alfabetización científica y tecnológica*. Colihue: Buenos Aires

GALAGOVSKY, L (1993). *Hacia un nuevo rol docente*. Editorial Troquel, Buenos Aires.

GALAGOVSKY, L (1996). *Redes Conceptuales: Memoria, Comunicación y Aprendizaje*. Editorial Lugar, Buenos Aires.

GALAGOVSKY, L R. (2004a). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte I. El modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias* 22(2), 229-240.

GALAGOVSKY, L R. (2004b). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte II. Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.

GALAGOVSKY, L y ADÚRIZ BRAVO, A (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (2), 231-242, ICE, Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L y CILIBERTI, N (1994). Redes conceptuales: su aplicación como instrumento didáctico en temas de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 338-349 (1994). Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L; BONÁN, L y ADÚRIZ BRAVO, A (1998). Problemas con el lenguaje científico en el aula. Un análisis desde la observación de clases de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 315-321. Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L y MUÑOZ, JC (2000). La *distancia* entre aprender palabras y aprehender conceptos. El Entramado de Palabras-Concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 29-45 (2002). ICE, Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L.; RODRÍGUEZ, M.; STAMATI, N.; MORALES, L. (2003). Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 107 – 121, Barcelona.

GARDNER, PL (1993). The historical independence of technology and science. *Australian-Science-Teachers Journal* 39(1), 9-13.

GARRITZ, A. (1999). La Química de la Segunda Mitad del Siglo XX. *Educación Química*, 10 (1), 13 – 21, México.

GILBERT, J (2002). Chemistry and Chemical Education. En *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, Kluwer Academic Publishers.

GILBERT, J and STOCKLMAYER, S (2001). The design of interactive exhibits to promote the making of meaning. *Museum management and curatorship*, **19**, 41-50.

GILBERT, J; STOCKLMAYER, S and GARNETT (1999). Mental modelling in science and technology centres: What are visitors really doing? En S. Stocklmayer and T. Hardy (Eds). *Proceedings of the International Conference on learning science in informal contexts* (pp 16-32) Canberra: Questacon: The National Science and Technology Centre.

HAIM, L; CORTÓN, E; KOČMUR, S and GALAGOVSKY L (2003). Learning stoichiometry with hamburger sandwiches. *Journal of Chemical Education* 80 (9) 1021-1022 (2003). Con manuscrito adicional on line.

JOHNSTONE, A. H. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom what They Seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, pp 75-83.

JOHNSTONE, A. H. (1997). Chemistry Teaching – Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, 74, 262.

LA NACIÓN (2004). Artículo editorial “El Futuro de la Investigación”, miércoles 28 de enero.

NÍAZ, M (2004). 18th International Conference on Chemical Education, Estambul, Turquía.

NÍAZ, M y RODRÍGUEZ MA (2002). Improving learning by discussing controversies in 20th century physics. *Phys. Educ.* 37 59-63.

BRITO, A; RODRÍGUEZ, MA y NÍAZ, M (2005). Reconstruction of development of the Periodic Table based on History and Philosophy of Science and its implications for General Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 84-111.

OSBORNE, J (2000), en O de Jong, ER Savelsbergh & A. Alblas (editores), teaching for scientific literacy: Context, competency and curriculum (pp 15-25). Utrecht, CDβ -Press

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY (RSC) (2001). Science and the public: Learning for the future. Londres: Royal Society of Chemistry.

SCHMIDT, HJ (1991). A label as a hidden persuader: Chemist’s neutralization concept. *Intern. J. Sci. Educ.* 13 (4), 459-72.

SCHMIDT, HJ (1999). Should Chemistry lessons be more intellectually challenging? Poster presentado en el 5<sup>th</sup> *European Conference of research in Chemical Education*, Ionannina, Grecia.

SCHWARTZ, AT; BUNCE, DM; SILBERMAN, RG; STANITSKI, CL; STRATTON, WJ AND ZIPP, AP (1994). *Chemistry in Context. Applying chemistry to society*. American Chemical Society, Wm C Brown Publishers, EEUU.

STOCKLMAYER S and GILBERT J (2002). *Informal Education*, en *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

TERIGI, F (1999), *Currículum. Itinerarios para aprehender un territorio*. Santillana.

WEBSTER S (1996). Public perceptions of chemistry: a public relations campaign in Huddersfield: pre- and post-survey: summary of results. Londres: Royal Society of Chemistry.

WOBBE De VOS, AB and PILOT A. (2002). Chemical Education: Towards Research – based Practice. Gilbert KJ, De Jong, O, Justi R, Treagust DF y Van Drien JH editores. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.



Revista **QuímicaViva**  
Número 1, año 4, mayo 2005  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)