



## **Carreras de Ciencias Exactas y Naturales: ¿Hay escasez de estudiantes?**

**Dra. Nora Ceballos**

Secretaria Académica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina

[ceballos@de.fcen.uba.ar](mailto:ceballos@de.fcen.uba.ar)

La falta de una verdadera expansión cuantitativa de la matrícula de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y a la vez, el incremento de la desigualdad de acceso a la misma, constituyen una preocupación creciente para las autoridades de esta Facultad.

Es una preocupación por cuanto en las sociedades latinoamericanas, caracterizadas por su permanente lucha de igualdades sociales, el conocimiento constituye una de las variables centrales para el crecimiento individual y social. Particularmente en lo que respecta al impartido por carreras dictadas en esta Facultad.

En el contexto de la educación superior en el país, la disminución o bien la falta de expansión en el ingreso en carreras de las Ciencias llamadas “duras” es también una preocupación. En el marco del CUCEN (Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales), que reúne a las Universidades Públicas del país en cuyas Facultades se dictan carreras relacionadas con dichas Ciencias, se ha discutido largamente la necesidad de incentivar a nuestros jóvenes para el estudio de las Ciencias Exactas y Naturales. Si bien no demasiado notorio en nuestra Facultad, en el país se ha observado una disminución progresiva del ingreso a las mencionadas carreras, en muchos casos asociada a la mala formación en estas disciplinas durante la escuela secundaria.

Las universidades han implementado diversas estrategias para enfrentar esta problemática, desde el mejoramiento de las condiciones de ingreso, cursos de nivelación, programas de articulación con el nivel medio, apoyo a los ingresantes a distancia, becas de ayuda económica, jornadas de orientación vocacional, etc., buscando minimizar el impacto de la falta de ingresantes. Sin embargo, a pesar de esa diversidad de estrategias hay un común denominador que se ha acentuado en los últimos años: la distancia entre los requerimientos disciplinares universitarios (contenidos, competencias y hábitos de estudios) y los conocimientos adquiridos en el nivel anterior es una barrera cada vez mas notoria.

En lo que respecta a nuestra Facultad, es preciso tener en cuenta que, en la problemática del ingreso y permanencia confluyen y han confluído variables complejas. En

primer lugar, las características del ingresante, con determinadas condiciones sociales, cognitivas, culturales y económicas. En segundo lugar, las posibilidades de inserción laboral fuera del ámbito científico – académico.

A raíz de lo planteado hasta aquí surgen una serie de preguntas que merecen ser contestadas independientemente.

¿Qué ha pasado históricamente con los ingresantes a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales? ¿Cuáles son las causas del cambio en la proporción relativa entre las distintas carreras? ¿Cuáles son las variables que deberíamos tener en cuenta?

Un análisis de los ingresantes desde el año 2001 al 2006 (se tomó ese período por contar con información fehaciente de los ingresantes al CBC) muestra que los ingresantes efectivos a las carreras de la FCEN son en promedio el 50% de los inscriptos al CBC. Una pérdida considerable cuyas causas deberían analizarse en más detalle. Sin embargo el análisis debe realizarse carrera por carrera dado que en algunas el porcentaje de “retención” en la carrera es mucho más alto, como en Física y Biología, y en otros es más bajo que el promedio como en Geología, Computación y Química. Y menciono estas carreras en particular dado que en su mayoría tienen en la actualidad una importante salida laboral fuera del ámbito científico – académico. En los últimos años, aproximadamente el 40% de los ingresantes a la FCEN corresponden a la Licenciatura en Ciencias Biológicas en tanto que los que aspiran a cursar Computación, Geología y Química son el 16, 4 y 10%, respectivamente. Y el problema es de particular importancia si se considera que estas últimas carreras tienen, en estos momentos, una importante inserción laboral en la industria y los graduados de esta Facultad no son suficientes para cubrir los requerimientos. Si bien en la Licenciatura en Química se ha producido en los últimos 4 años un incremento de alrededor de un 45% en los ingresantes a la Facultad es muy pronto aún para establecer si es un fenómeno que se sostendrá en el tiempo. Por otra parte, la carrera de Geología se ha mantenido sin cambios en los últimos 7 años, proceso sorprendente si se tiene en cuenta los requerimientos de profesionales de esta disciplina. La situación más preocupante, por otro lado, es la de la Licenciatura en Computación. Los aspirantes a estudiar dicha carrera han disminuido significativamente pese al alto nivel académico de la misma.

Los que ingresamos a esta Facultad en la década del 70 recordamos esa época en la cual había dos veces mas estudiantes de Química que de Biología. ¿Qué fenómeno puede haber conducido a la reversión?

Podríamos especular acerca de las causas, pero solo son, en principio, especulaciones. El auge de la Biología es fácilmente explicable por la influencia ejercida por los medios de comunicación, Jacques Cousteau, la Ecología y el Medio Ambiente, la Biología Molecular, etc., sumado a la presencia de la disciplina en la escuela media. Ahora bien,

dilucidar el porqué los estudiantes no ingresan en mayor cantidad a carreras como Computación y Química requiere un análisis tal vez más detallado. Confluyen algunos de los aspectos que he mencionado más arriba: las falencias cada vez más notorias en la enseñanza de la matemática, la física y la química en la escuela media son difíciles de remontar. Sin embargo, no nos debemos olvidar la influencia que el largo proceso de desindustrialización que sufrió el país tiene sobre nuestros jóvenes. Todo confluye, y la mayoría opta por carreras que se relacionan con el modelo de país en el cual crecieron.

La Geología merece un capítulo aparte. La disciplina no está presente en la curricula de la escuela media y a pesar de la importante inserción en el mercado laboral de la misma cuesta mucho hacerla llegar a los estudiantes.

¿Qué hacemos para modificar el panorama actual que muestra que solo entre 850 y 950 estudiantes ingresan a la FCEN? Trabajar en estrecha colaboración con la Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar para llegar más eficientemente a los estudiantes secundarios. ¿Qué podríamos hacer en un futuro cercano? Analizados los factores que determinan la pérdida de estudiantes en el CBC actuar, en colaboración con sus autoridades, sobre el alto grado de deserción (más del 50%) que se produce en dicha instancia.



Revista **QuímicaViva**  
Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)

## Más Oportunidades para los Químicos

**Dr. Luis Baraldo**

**Profesor Adjunto (D. E). DQIAQF - FCEN**

**Investigador Adjunto. CONICET - INQUIMAE**

**[baraldo@qi.fcen.uba.ar](mailto:baraldo@qi.fcen.uba.ar)**

Entrando al siglo XXI la industria química continúa siendo una de las industrias más importantes del mundo y es vista por los distintos bloques económicos como un área estratégica. La química como disciplina se encuentra en proceso de transformación y es de esperar que áreas como los nuevos materiales, la nanotecnología, la biotecnología y la química verde tengan un fuerte impacto sobre esta industria. La capacidad para aprovechar estas oportunidades de innovación dependerá críticamente de contar con recursos humanos bien formados. De allí que la disminución de los estudiantes de química observada en las universidades de todo el mundo (con la excepción del sudeste asiático) ha sido motivo de gran preocupación y ha sido analizada en detalle en numerosos informes.

Este fenómeno ha sido atribuido a una variedad de factores incluyendo la pobre imagen de la actividad química en términos de su impacto social y ambiental, la percepción de que química es una disciplina "muy difícil" y el desconocimiento de las oportunidades de empleo en el sector. La enseñanza en química, particularmente en la escuela media, también ha sido objeto de mucha crítica y ha dado lugar a muchos proyectos de innovación curricular y de formación de docentes, en muchos casos impulsados desde las universidades, las academias de ciencia y las sociedades profesionales con el apoyo de los ministerios de educación.

En la Argentina la industria química y petroquímica también constituye un sector muy importante. La producción de la industria química representa aproximadamente un 5% del PBI, aunque esta cifra varía según la definición de industria química que se emplee, resulta claro que se trata de un sector de gran importancia dentro de la economía del país.

En el mercado local, la demanda de licenciados en ciencias química se ha incrementado mucho en los últimos años. El área pasó por un periodo de baja demanda durante los años noventa. En este periodo muchas compañías fusionaron áreas técnicas y las áreas de desarrollo fueron fuertemente reducidas. Por esta razón la demanda de licenciados fue significativamente menor. Luego de la devaluación de 2002, el proceso se revirtió y la mayoría de las compañías están expandiendo sus áreas técnicas y de desarrollo. Una expresión de este fenómeno son las continuas solicitudes de estudiantes de química que recibe la oficina de pasantías educativas de la FCEyN.

Por otra parte el egreso de licenciados en química no ha acompañado este fenómeno. El promedio de egresados para el lustro 1999-2003 fue de 42 alumnos por año, significativamente inferior al del periodo 1994-1998 que alcanzó casi los 70 egresados. Este descenso se debe en parte a que el ingreso durante el periodo 1990-1994 disminuyó a poco menos de la mitad del que se había observado para el periodo 1985-1989.

Esta disminución del número de graduados y el aumento de la demanda de profesionales ha generado un mercado caracterizado por las dificultades que tienen las compañías para llevar a cabo una búsqueda de profesionales. De este modo, no es extraño que un egresado joven

consiga más de una oferta y que los profesionales en actividad reciban frecuentemente ofertas para ocupar una posición en otra compañía. Las áreas donde los licenciados en química son más buscados son las áreas de laboratorio y de desarrollo.

La disminución de la matrícula en química no pasó inadvertida para las autoridades de la FCEyN que pusieron en marcha una serie de acciones para estimular el interés en la carrera.

Una de las iniciativas más importantes desarrolladas fue la organización de las olimpiadas de química (OAQ, [www.oaq.uba.ar](http://www.oaq.uba.ar)). Esta competencia nacional organizada por la FCEyN a través del programa se ha desarrollado en forma continua desde 1991 y cuenta con el auspicio y la financiación del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. De este certamen participan anualmente aproximadamente 1500 alumnos y 150 escuelas de todo el país. La etapa final del certamen (el nacional) se celebra en sedes rotativas en todo el país y de él participan entre 350 y 450 alumnos. Los estudiantes mejor calificados en el certamen nacional son invitados a participar de un entrenamiento teórico y de laboratorio en la FCEyN. De este proceso se seleccionan cuatro alumnos para competir en dos eventos internacionales: uno a nivel mundial y el otro a nivel iberoamericano.

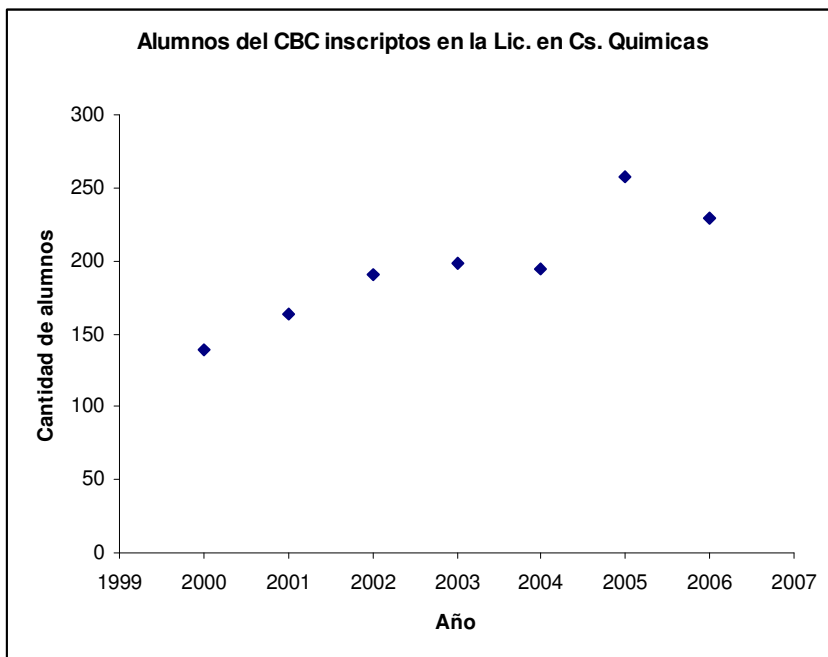
La habilidad demostrada por los alumnos para resolver los difíciles exámenes que se le proponen y los excelentes resultados de los equipos de la Argentina en los certámenes internacionales (7 medallas de oro, 11 medallas de plata y 22 medallas de bronce en 12 certámenes internacionales, siendo el único país latinoamericano que ha ganado una medalla de oro) muestran claramente el interés y la capacidad de los alumnos para encarar el estudio de la química. Este programa fue y es una ocasión de encuentro entre los docentes de la FCEyN y las escuelas participantes en las olimpiadas. Estos encuentros han dado lugar a muchas otras iniciativas.

Por ejemplo y solo por mencionar una actividad vigente, el programa OAQ ofrece talleres para alumnos de escuela media de ocho sesiones de cuatro horas a cargo de docentes investigadores de los distintos departamentos de química de la FCEyN. Esta actividad está financiada por la cámara argentina de la química y petroquímica (CAIQyP) y es gratuito para los alumnos. Durante los años 2005 y 2006 más de 140 chicos de más de 30 escuelas participaron de estos talleres y la actividad se repetirá este año.

La FCEyN también ha tenido una fuerte preocupación por difundir sus carreras. La secretaría de extensión de la FCEyN viene organizando una serie de actividades muy exitosas. Programas como la semana de la química, exactas va a la escuela, talleres de ciencia, experiencias didácticas y científicos por un día, han ayudado a que un gran número de alumnos conozcan mejor como es estudiar y trabajar en la FCEN. Estas actividades han sido posibles en parte gracias a la entusiasta participación de los docentes de los departamentos de química.

En los últimos años la cantidad de estudiantes del CBC que optan por la Lic. en Cs. Químicas ha experimentado un sostenido crecimiento (ver gráfico) y muchos de los nuevos estudiantes han tenido algún contacto previo con la FCEyN. Es tentador sugerir que este incremento se debe a los programas de difusión, aunque no hay manera de asegurarlo (quizás sin los programas habrían ingresado igual). En cualquier caso, lo que si podemos asegurar, es que estos alumnos han tomado la decisión de estudiar química sabiendo mejor el camino que tenían por delante.

Hoy más que nunca, la química es una opción atractiva. A pesar de las restricciones presupuestarias, la FCEyN continúa ofreciendo excelentes oportunidades para el estudiante de química. La facultad cuenta con numerosos grupos de investigación que abarcan la mayoría de las áreas modernas de desarrollo de la disciplina y los estudiantes tienen la oportunidad de participar de estas actividades desde los primeros años. Esta experiencia los preparará para desarrollarse en una actividad que no deja de transformarse y ofrecer nuevas oportunidades.



## **Meteorología y Ciencias de la Atmósfera: todo un mundo por delante**

Celeste Saulo, Doctora en Ciencias de la Atmósfera, Profesora del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos e investigadora del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera.

[saulo@cima.fcen.uba.ar](mailto:saulo@cima.fcen.uba.ar)

Muchas veces he tenido que responder a la pregunta: ¿por qué elegiste Meteorología?

Difícil. Y debo reconocer que mi respuesta ha ido variando, acomodándose a la mezcla de vivencias y sapiencias que modularon mi propio gusto por esta ciencia.

Pero empecemos por el principio, ¿cómo llega una persona, tal vez recién salida de un colegio secundario, a asomarse a la Meteorología? Convengamos en que hay algunos pocos que desde edad temprana tienen ese gusto particular por la observación de los fenómenos atmosféricos. Son aquellos que, tal como al principio de los tiempos, se fascinan frente al devenir de tormentas, olas de frío, ráfagas, y el sinfín de expresiones que la naturaleza ofrece en forma de "tiempo meteorológico". Y es que el hombre se ve expuesto al tiempo desde toda su existencia, y en todas las actividades que realiza. Pero también existe otro grupo de meteorólogos, aquellos que gustan de ese cóctel entre las ciencias exactas y las naturales, ese intermedio donde las ecuaciones y las leyes físicas proveen un terreno firme que, ya sea por las limitaciones del conocimiento, ya sea por la naturaleza caótica de la atmósfera, se convierte en un terreno resbaladizo, un verdadero ejemplo de complejidad, un auténtico prototipo de sistema de estudio imposible de aislar, de reproducir en un laboratorio, de abarcar con un experimento.

Lo cierto es que, en cualquiera de sus formas, el estudiante de meteorología es guiado más por una pasión, una curiosidad, un interés científico, que por una clara percepción de cuál va a ser su inserción laboral. Evidentemente tenemos una deuda con la sociedad que es la de explicarle mejor para qué sirve la meteorología, que no es una ciencia que se agota en el pronóstico del tiempo. Dimos una señal cuando cambiamos el nombre de nuestra carrera: de la Licenciatura en Ciencias Meteorológicas a la de Ciencias de la Atmósfera. Todavía no me queda claro si eso ayudó o complicó todavía más la interacción de nuestros egresados con el exterior. Hagan el ejercicio: de nuestra facultad egresan biólogos, químicos, físicos, geólogos, computadores, matemáticos, oceanógrafos y nosotros, que no nos autodenominamos como nuestro título dice. En fin, un detalle, pero no menor.

También hay una deuda que la sociedad tiene con nosotros y que parecería que está a punto de empezar a saldarse: el Servicio Meteorológico Nacional, el lugar natural para el desarrollo de esta profesión, estuvo intervenido por la Fuerza Aérea desde el golpe de Onganía. Esa intervención comenzó con una medida aplastante: se eliminó el requisito de idoneidad profesional para el ejercicio de cargos directivos. Y logró su objetivo, que fue el de desmantelar la investigación y el desarrollo dentro de ese ámbito y peor aún, desprestigiar la profesión e impedir que tuviera un crecimiento en el ámbito independiente. La institución de referencia para la actividad profesional no hizo ni dejó hacer; sus directores se ocuparon de sostener sólo dos de las múltiples aplicaciones: la meteorología aeronáutica y el pronóstico al público. Así llegamos al siglo XXI, manteniendo las mismas prioridades que se tenían en los años 50, cuando la aviación era sumamente vulnerable a los factores meteorológicos. Hoy las prioridades son mucho más amplias. Pero podemos ser optimistas.

El Servicio Meteorológico Nacional, desde el 1 de enero de 2007 ya no depende de la Fuerza Aérea. Y con ese cambio, avizoramos el gran cambio para el desarrollo de la meteorología. Porque, convengamos, así como el mundo ha visto en la física su ciencia vedette en la guerra y la posguerra, para luego poner el acento en la computación y la genética, hoy no hay dudas de que la ciencia tiene un desafío clave: la sustentabilidad. Y ahí, con la amenaza del cambio climático, la contaminación ambiental, la escasez de agua y de terrenos aptos para la producción, la meteorología resurge.

Hoy un Licenciado en Ciencias de la Atmósfera está capacitado para desempeñarse en diversas actividades. Muchas de ellas tienen un fuerte componente interdisciplinario, como por ejemplo, evaluar el impacto ambiental de una represa hidroeléctrica, estimar cómo debiera diseñarse para operar en un contexto donde el clima está cambiando. O también aplicar modelos de dispersión de contaminantes y efectuar recomendaciones respecto a la ubicación óptima para industrias que emiten gases y partículas. Más aún, todas las actividades productivas requieren de asesoramiento meteorológico específico, no sólo para optimizar su rendimiento actual, sino para establecer estrategias que le permitan al empresario planificar su actividad productiva en áreas que presentan regímenes de precipitación cambiantes. Obviamente, la investigación siempre ha sido y seguirá siendo una salida para muchos y, a partir de ahora, la meteorología operativa será opción para muchos otros. Un nuevo Servicio Meteorológico Nacional está por empezar, lo soñamos por años, una institución que piense en los intereses del país y donde se trabaje para asesorar al gobierno en la toma de decisiones que hacen a la mitigación de los daños causados por desastres naturales. Un Servicio Meteorológico que capitalice las tecnologías modernas y genere alertas de fenómenos severos en tiempo y forma. Un Servicio Meteorológico con una visión amplia, interesado no sólo en la mejora de los pronósticos, sino también en las necesidades del sector productivo y de los que generan y abastecen energía ... y que piense y haga desarrollos en vistas a la planificación.

Tal vez ahora se entienda por qué tuve respuestas distintas a la pregunta ¿Por qué meteorología? Por suerte ha sido un campo muy dinámico, por suerte cada vez me convengo más: esta es una ciencia en la que está casi todo por hacer, no sólo en la pequeña escala, en nuestro lugar de trabajo. El mundo entero necesita entender el cambio climático que ya se instaló, trabajar para minimizar su impacto y generar acciones que capitalicen el nuevo escenario. Por eso la meteorología tiene todo el mundo por delante.



## Por qué volvería a estudiar geología

Andrés Folguera

Doctor en Ciencias Geológicas, Docente del Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN, e investigador del Conicet.

[folguera@gl.fcen.uba.ar](mailto:folguera@gl.fcen.uba.ar)

La carrera de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires genera tan sólo unos 25 profesionales al año, de los cuales el cien por ciento encuentra trabajo en un plazo no superior a los cinco meses desde su egreso. Las empresas de petróleo y minería se roban entre sí profesionales jóvenes ante la escasez de egresados de esta disciplina, otorgándoles salarios que los ubican entre el diez por ciento de la población laboral mejor pago de la Argentina. En un país plagado de psicólogos, sociólogos y abogados que no encuentran trabajo o se ven obligados a trabajar en áreas que no pertenecen a su especialidad, los geólogos se dan el lujo de optar por diferentes áreas de la industria, la academia y los organismos gubernamentales. Esta situación merece ser puesta en un marco histórico para ser comprendida, particularmente para un país como la Argentina marcado por una crisis económica que no ha cesado en los últimos 30 años.

La geología es probablemente una disciplina única. Su crecimiento ha estado marcado por profundos cambios de paradigma muy recientes que aún están en fase de afianzamiento en países no desarrollados que en muchos de los casos concentran gran parte de los recursos minerales y de hidrocarburos que consume el planeta. Dejemos entonces por unas líneas nuestras pampas y nuestro siglo para adentrarnos en la historia de esta disciplina, su crecimiento, madurez y final renovación sufrida en los finales del siglo XX.

Hay ciertos fenómenos que han perturbado la mente de aquellos que han tenido tiempo y el estómago satisfecho como para poder pensar. Desde las bibliotecas de un monasterio medieval, hasta los balcones y terrazas mediterráneos, los antiguos sabios se han preguntado por qué suelen aparecer caracoles marinos en las cimas de algunos cerros. La respuesta directa ha sido siempre que los mares se habían elevado excepcionalmente hasta cubrir las montañas. Patrañas.

La forma a través de la cual los caracoles llegan a la cima de los cerros más altos ha resultado tan maravillosamente increíble que ningún ilustre canoso nacido antes del siglo XX se la ha podido imaginar. El renacimiento de la geología o, lo que es lo mismo, la reinterpretación que ha ocurrido en los últimos 30 años de fenómenos tan extraños como el mencionado, ha sido ciertamente un parto doloroso.

Una observación tan simple como perturbadora, tal que las costas de Sudamérica y África eran prácticamente idénticas, ha puesto a prueba la capacidad de adaptación de la comunidad científica, cercana a la de un infante en su primer día de jardín después de un mes de vacaciones. Alfred Wegener (1880-1930) alrededor de 1915 recogió restos de organismos extintos en ambas márgenes de los dos continentes con el solo objeto de reunir evidencia acerca de que esas costas habían estado unidas en tiempos pasados, teoría que había sido barajada desde los antiguos griegos. Wegener quería mostrar que las faunas antiguas eran idénticas a uno y otro lado de la costa Atlántica y que tal hecho sólo podía ser explicado apelando a un ejercicio de falta de sentido común por parte de las grandes mentes de su tiempo.

Ciertamente el hecho de que dos masas continentales se separaran en el tiempo dando lugar a un enorme océano no podría ser calificado de sentido común, y así fue. Los rozamientos aparejados en la faz inferior de esos continentes no podían ser superados por fuerza alguna conocida en la Tierra, calcularon los científicos de aquellos tiempos y la discusión se dio por terminada. Como suele suceder, Wegener murió sin haber conocido la gloria.

Hace tan sólo 30 años se han medido las edades del fondo de los océanos más grandes de la Tierra y se ha descubierto que sus zonas centrales son más jóvenes que sus márgenes cercanas a los continentes. Además se ha observado que es un hecho común la presencia de gigantescas grietas de miles de kilómetros de longitud en el fondo marino en aquellas áreas centrales, a partir de las cuales emana lava incandescente que entra en contacto con el agua de mar. La joven geología se ha alimentado de estas observaciones para considerar que el fondo marino se expande a velocidades del orden de unos pocos centímetros por año y que la lava que asciende a través de las grietas marinas centrales rellena esa brecha generada por la separación paulatina de las dos mitades de un océano, para generar nuevo fondo oceánico.

Las edades más viejas de los fondos de los océanos, cercanas a sus márgenes, representan la edad de las primeras lavas derramadas bajo el mar apenas cuando los continentes entonces unidos comenzaban a separarse. Los continentes, al desplazarse por efecto de la expansión de los océanos, entran en colisión unos con otros o con los fondos oceánicos ubicados en sus otras márgenes, dando lugar a amplias zonas de deformación donde las rocas se trituran y aplastan ascendiendo y formando cordilleras. Son las montañas, entonces, las que ascienden por sobre el nivel de los mares y junto consigo elevan a los caracoles.

Esta joven geología, que conecta la formación de montañas con el crecimiento de los fondos oceánicos, ha recibido el nombre de tectónica de placas. Pero esta teoría, generada en el mundo desarrollado, se ha expandido a través del planeta en forma discontinua y lenta. Y el mundo previo a Internet no ha facilitado la llegada de este nuevo paradigma geológico a los países marginales como el nuestro. Recién a mediados de la década del ochenta un grupo de geólogos locales con acceso a medios y conferencias internacionales comenzaron a reinterpretar la evolución geológica de nuestra cordillera en el marco del cambio de paradigma.

Este retraso hace de la investigación en torno a las ciencias de la Tierra en la Argentina un campo fértil y emocionante. Los Andes en su conjunto esperan ser comprendidos desde ópticas que apenas comienzan a afianzarse, y se están convirtiendo en presa de grupos de investigación de otros países aburridos de sus ya predecibles cadenas montañosas. Los datos aportados por grupos de investigación locales, compartidos con la comunidad científica global a través de trabajos especializados, son altamente valorados, ya que los Andes son el mayor sistema montañoso que actualmente se produce por la colisión de un fondo oceánico, en este caso el océano Pacífico, con un continente, en este caso el Sudamericano, al expandirse el océano Atlántico.

El campo profesional de la geología en la Argentina se ha beneficiado también por el ascenso de los precios internacionales del oro y el petróleo durante la última década. Tanto la actividad minera como petrolera han llegado a un clímax de producción que las ha obligado a expandirse y buscar mano de obra especializada. Adicionalmente el avance de la explotación de recursos naturales ha generado y generará crecientes problemas ambientales, si los controles y estudios previos no se intensifican, lo que lleva a jerarquizar la especialización de geólogo ambiental para la minimización de estos efectos nocivos.

La investigación y los campos profesionales de las ciencias de la Tierra atraviesan hoy un momento único generado por las condiciones internacionales y por nuestra propia historia de desarrollo científico. Si las prioridades políticas locales de los próximos años fueran acordes, y nuestro rol en el esquema internacional lo permitiera, la geología y ramas afines se afianzarían finalmente como formaciones indispensables para el desarrollo de nuestro país.

La pregunta que cabe entonces es por qué, con tanto viento a favor, en un centro urbano tan grande como Buenos Aires, sólo 30 estudiantes ingresan a la carrera de geología por año. Definitivamente, la geología es una rama no nombrada como tal en la educación media, lo que

hace que numerosos potenciales estudiantes no la identifiquen como tal, o se aboquen a disciplinas afines y más conocidas como la geografía. Pero quizás también la respuesta surja, al menos parcialmente, de un ejercicio de honestidad personal. Cuando era estudiante, identificaba la falta de oferta de turnos noche, en la carrera de Ciencias Geológicas de la UBA, como un motivo de deserción prematura y desaliento. Ahora que soy docente y han pasado doce años desde mi egreso, si bien existen en ciertas materias la oferta de turnos vespertinos, aún no se ha dado una respuesta orgánica a este problema, existiendo en la Facultad regulaciones que obligan a este ejercicio.



Revista **QuímicaViva**  
Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)



Revista *QuímicaViva*  
Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)

## **El físico, los modelos abstractos y el diálogo con la naturaleza**

Guillermo Mattei  
Doctor en Física (FCEyN-UBA, 1994)  
Coordinador del Área de Popularización del Conocimiento  
& Articulación con la Escuela Media, SEGB, FCEyN, UBA.  
Asistente de la coordinación del Área de Difusión del  
Departamento de Física, FCEyN, UBA.

[gmattei@df.uba.ar](mailto:gmattei@df.uba.ar)

En el Departamento de Física Juan José Giambiagi de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, sus folletos, pósters y páginas en Internet institucionales declaran: "El físico es un profesional capacitado para resolver problemas novedosos y crear conocimientos originales vinculados a las propiedades de la materia, el movimiento y la energía. El físico dialoga con la Naturaleza usando el método experimental y - mediante el lenguaje preciso y económico de las matemáticas y la simulación computacional- elabora modelos con los cuales construye teorías que no solo explican lo observado, sino que además pueden predecir nuevos fenómenos. El físico investiga, estudia y experimenta con fenómenos que involucran desde los componentes e interacciones fundamentales de la materia a escalas subatómicas, pasando por las propiedades colectivas de la materia que se manifiestan en los sistemas complejos de nuestras dimensiones humanas, hasta llegar a los sistemas de magnitudes extragalácticas que conciernen al Universo en gran escala."

Y en otros párrafos de difusión institucional se explica que: "Dado que la Física es pilar conceptual de casi todas las ciencias naturales, el físico está facultado para trabajar en ramificaciones del conocimiento que se basan en aspectos más específicos tales como geofísica, astronomía, astrofísica, ciencia de materiales, óptica y láseres, Físicoquímica y Biofísica. Asimismo es muy importante la intervención de los físicos en áreas tecnológicas y aplicadas tales como: metrología (estándares y calibraciones), metalurgia, electrónica y microelectrónica, ondas de radio y microondas, energías no convencionales, física médica, computación, comunicaciones, finanzas y estadísticas. El licenciado en Ciencias Físicas puede ejercer su profesión tanto en la actividad pública, esencialmente en actividades de investigación, docencia universitaria y desarrollos tecnológicos, como en la privada en innovación tecnológica, procesos industriales, estudios empresariales, consultorías y servicios. El cruce interdisciplinario determina que los lugares en los que se puede ejercer esta profesión son de muy variada naturaleza: universidades, institutos, organismos oficiales, empresas, consultoras, laboratorios y centros médicos."

Desde la década de los años 60 ocurre, con una llamativa regularidad, que cuarenta graduados, con las características de los párrafos anteriores, egresan de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA sobre un total de cien alumnos ingresantes a la carrera de Física.

¿Qué indicarían estas cifras? Más allá del crecimiento vegetativo de la población y del decrecimiento del número de jóvenes socialmente en condiciones de acceder a la educación superior pareciera que, impermeables a modas o influencias de los medios masivos de comunicación, la sociedad -del área geográfica de influencia de la UBA- genera, año tras año, casi el mismo grupo de jóvenes con clara vocación de físicos.

¿Cuál es la característica del joven potencialmente ingresante a la carrera Física? La de un adolescente intelectualmente insatisfecho si no entiende la lógica que subyace en el funcionamiento de la realidad, cuyo motor es la curiosidad y su herramienta el cuestionamiento sistemático.

Algunos, además, reciben estímulos específicos (la lectura sugerida de algún libro, algún documento de los medios de comunicación o la visita a algún ámbito científico) de parte de padres, familiares o docentes. En suma, un joven conciente o inconcientemente atraído por la ciencia y su lógica, más allá de mandatos culturales o mediáticos. El hecho de que, puntualmente, su elección sea Física y no Química o Biología, depende de diversos factores coyunturales. Por un lado, están aquellos que ven en la Física el camino para satisfacer su apetito intelectual por aproximarse a un entendimiento completo del nivel más elemental de la realidad y, por otro, los que ven en ella un recurso hacia las aplicaciones de vanguardia en el puente con la tecnología.

Las canteras de esta clase de estudiantes secundarios estuvo tradicionalmente constituida por los colegios nacionales y las escuelas industriales que la década infame de los años 90 logró degradar con malsana eficiencia por medio de reformas, en muchos casos absurdas, que toleraban, por ejemplo y entre otras, orientaciones en ciencia sin asignaturas de matemáticas o física.

¿Por qué los ingresantes de Física en la UBA son siempre cien? es difícil de contestar, pero por qué no son más indudablemente tiene una respuesta en la naturaleza y la imagen que de la ciencia construye la actual escuela media.

Sin dejar de reconocer la actitud de muchos docentes de escuela media, algunos de ellos de intensa participación en las diferentes actividades de extensión que protagoniza el Departamento de Física, el planteo pedagógico del nivel medio de la educación genera una imagen insuficiente cuando no distorsionada de la ciencia en general y de la Física en particular.

Aún no se ha logrado que las asignaturas de la escuela media relacionadas con temáticas científicas transmitan, de manera sistemática, las principales características de la investigación científica: el espíritu crítico, la capacidad de aprender a aprender y los recursos que brinda la indagación de la naturaleza a través del experimento. Muy probablemente, solo de esta manera, la escuela media podría contribuir a despertar la vocación por la Física a más alumnos naturalmente caracterizados por la curiosidad, por la sed de respuestas sobre los aspectos básicos de la realidad o por la resolución de problemas concretos pero novedosamente inéditos.

Sin embargo, en aquellos casos en los que la grilla de materias de la escuela media incluye a la Física, los temas abordados siguen teniendo un sesgo enciclopedista. Por ejemplo, el abordaje del estudio de la cinemática y la dinámica del punto material en el mismísimo CBC, aún considerando eventuales críticas, es casi revolucionario respecto a la manera en la que se presentan esos mismos temas en la escuela media.

Probablemente, un diseño inteligente de la articulación escuela media y Universidad -y no solo en el caso de la Física- sea el principal disparador de nuevas vocaciones por esta disciplina. Mejor y mayor inserción de los profesores universitarios de enseñanza media y terciaria de Física en las instituciones de educativas, agilidad en el reconocimiento de actividades de perfeccionamiento y actualización brindadas por la Facultad a los docentes de la escuela media y la diversidad de mecanismos de popularización del conocimiento podrían ser tres pilares para renovar la imagen de la Física entre los jóvenes potencialmente ingresantes.

De todas maneras, existen algunos otros factores, de influencias más indirectas pero no por ello de menor importancia, que perturban el surgimiento de nuevas vocaciones por la Física.

Primero, el bajo reconocimiento de la ciencia en la opinión pública internacional (y de la Física en particular en las preferencias universitarias). Desde la caída del Muro de Berlín, a los enemigos históricos de la ciencia, tales como las secularidades religiosas ultramontanas, se sumó cierta intelectualidad, respetable en algún sentido y que hasta enarbola vanguardias de izquierda, que reivindica explícitamente el post-racionalismo o la relatividad de la ciencia en tanto discurso indistinguible de la política o de la religión.

Por su parte, la presencia en los medios masivos de difusión de verdadero conocimiento científico, en formato apto para no especialistas, está muy relegada respecto a las pseudo noticias espectaculares de la tecnociencia o a los documentales de corte casi circenses.

Finalmente, el escaso conocimiento de las potencialidades profesionales de un graduado de Física -entrenado en la creación de conocimiento científico y, por lo tanto, muy apto para resolver problemas novedosos en ámbitos no científicos-, por parte de los dueños de los resortes económicos, obstaculiza el arranque de una espiral de reconocimiento social del graduado de Física tal que realmente el proceso estimulador de las vocaciones juveniles.

Este panorama del ingreso a la carrera de Física se corresponde con una sensación bastante generalizada en la comunidad del Departamento de Física de la FCEyN y, si bien no constituye un diagnóstico metodológicamente riguroso, hay consenso para trabajar en este tema en las direcciones anteriormente esbozadas.





## Recursos humanos para la Industria del Software

Irene Loiseau

Profesora Asociada Dedicación Exclusiva

Departamento de Computación

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA

[irene@dc.uba.ar](mailto:irene@dc.uba.ar)

En los últimos años la Argentina ha presentado un importante y sostenido crecimiento de la Industria del Software. Esto lo percibimos en el día a día a través de las cada vez más y mejores ofertas de trabajo dirigidas a docentes y alumnos que recibimos en nuestro departamento y del acercamiento de las empresas a la facultad. Pero también puede leerse en diagnósticos producidos por la CESSI (Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos), y por la Fundación Observatorio PYME de la UIA, desarrollo del sector de Software y Servicios Informáticos (SSI), donde se muestra que dicho crecimiento ha superado a todas las otras áreas de la industria y ha casi duplicado el crecimiento general de la economía argentina. En los mismos estudios se estima que dicho crecimiento puede continuar, más aún si se ve acompañado de acciones adecuadas para aprovechar esta oportunidad. También según dichos informes ha sido la industria del software la que ha creado más puestos de trabajo nuevos. La cantidad de personas ocupadas en el sector se incrementó un 18,3% en 2005 y se estimaba que la demanda de personal crecería más de un 70% durante el 2006

Esta realidad fue recogida también cuando, impulsado por el Ministerio de Economía, y con la participación de otros ministerios, CONICET, SECYT, universidades, organizaciones empresariales, etc., se creó el Foro del Software y se elaboró el Plan Estratégico de SSI 2004-2014 del Foro de Software y Servicios Informáticos y el Plan de Acción 2004-2007.

También se puede mencionar que varias empresas internacionales importantes como INTEL o Motorola están instalando Centros de Desarrollo de Software en Córdoba e IBM ha instalado una Software Factory en Buenos Aires. Y que se han creado o se están creando Polos de Desarrollo de Software con presencia de empresas, instituciones públicas de promoción, y educativas en Córdoba, San Luis, Ciudad de Buenos Aires, Tandil, y Rosario.

El potencial del país en la coyuntura para que se produzca este muy importante crecimiento y los excelentes pronósticos que se vislumbran para el futuro está basado en el buen nivel de educación general del país, la existencia de recursos humanos, que aunque escasos están muy bien calificados, la capacidad de innovación y la creatividad de los mismos, los costos y precios competitivos del mercado mundial, la fuerte recuperación del mercado interno y la creciente inserción en nuevos mercados externos y, por ende, el aumento de las exportaciones.

Este panorama ha llevado a que se hayan iniciado en los últimos dos años acciones para favorecer el trabajo mancomunado entre el gobierno, el sector académico y el sector



empresario y se hayan establecidos marcos legales para incentivar el desarrollo del sector, como por ejemplo la Ley de Promoción de la Industria del Software que se aprobó recientemente o los proyectos FONSOFT de la Agencia Nacional de Promoción Científica.

El desarrollo de software es una industria que requiere muy poca inversión en capital. Algunas empresas mencionan que parte de las limitaciones en el crecimiento provienen de la falta de créditos en el mercado que sirvan para el financiamiento de este tipo de proyectos.

Según mencionan todos los actores, el principal cuello de botella para que esta pendiente de crecimiento continúe es la falta de recursos humanos capacitados de todo nivel. En los proyectos de alto nivel se están buscando profesionales con formación de doctorado. Y en las Software Factory se requieren programadores muy bien entrenados.

Según los informes mencionados (2004-2005) por año se registran 2.500 egresados de carreras relacionadas con informática pero se calcula que en los próximos años el mercado demandará anualmente aproximadamente 4.000 profesionales y que serán necesarios 25.000 profesionales nuevos en los próximos 5 años.

Hay que tener en cuenta también que los egresados de carreras de buen nivel académico o con título de doctorado, emigran en porcentajes significativos, ya que tienen una excelente formación y reciben interesantes ofertas del exterior, ya que la falta de recursos humanos afecta también a las empresas y universidades de los países desarrollados que pagan sueldos notablemente mejores que los de la Argentina. En el ámbito académico esa emigración se produce también hacia Brasil o Chile.

O sea se requiere que las universidades formen muchos más egresados de los que está formando pero además habría que idear algún mecanismo de retención para poder paliar este problema.

Otro factor que agrava la situación actual, es que se observa que la matrícula ha disminuido en las carreras de informática en los últimos años, como ocurre en las ingenierías o en otras carreras técnicas. Los diagnósticos realizados para tratar de ver por qué ocurre esto en carreras que ofrecen a corto, mediano y seguramente largo plazo las mejores oportunidades de trabajo, y salarios entre los más altos del mercado, no dan una respuesta única. Algunas posibles causas son el desconocimiento de lo que significa ser un profesional en informática (que no se deduce del uso cotidiano que tienen los adolescentes de la computadora), la desindustrialización de los 90 que llevó a no ver oportunidades en las carreras técnicas, la inexistente o peor aún la mala enseñanza de la computación en las escuelas secundarias, los programas del polimodal de la Provincia de Buenos Aires, que dejan fuera de la enseñanza de la matemática y las ciencias a los alumnos a una edad demasiado temprana, el temor de algunos alumnos de "no ser capaces de cursar una carrera tan difícil", etc.

Dentro de las acciones que se están llevando a cabo para tratar de solucionar este problema se incluye una activa campaña de propaganda de la CESSI y del Ministerio de Educación. El ministerio ofreció también el año pasado becas para quien iniciara en cualquier universidad una carrera del área, pero los montos eran demasiado exigüos, salvo para un alumno de primer año o a lo sumo segundo. A partir de allí, los alumnos de carreras de buen nivel, pueden tener trabajos de tiempo parcial o integral en su especialidad muchísimo mejor pagos.

La llegada a los alumnos secundarios es difícil y también es difícil explicarles las características e incumbencias de las carreras. En nuestro departamento hemos dado en los últimos años prioridad a las tareas de promoción y creemos que estas acciones ya han comenzado a revertir lentamente la situación. Entre las actividades que consideramos fundamentales apoyar para tratar de incrementar la matrícula están las que se llevan a cabo desde la Secretaría de Extensión y la DOV como la Semana de la Computación y la realización de los talleres para alumnos secundarios de diversos temas (armado de un cluster, programación de robots, programación en plataformas móviles, juegos). Eso permite que las actividades que se llevan a cabo en nuestro Departamento y las carreras que se dictan sean conocidas por los alumnos y que los mismos se acerquen a la facultad. Algunos de estos talleres se han realizado con la

colaboración o el apoyo de empresas de informática. También participamos activamente de las visitas a escuelas secundarias para dictar charlas sobre temas específicos o charlas de orientación y con el dictado de charlas de orientación y visitas mensuales a nuestro departamento. Además estamos incrementando nuestra presencia en exposiciones del sector y en otros ámbitos como por ejemplo, la Feria del Libro.

Por otro lado, la Computación como ciencia, comenzó a adquirir, a nivel internacional el perfil propio que tiene en la actualidad a comienzos de los 70, cuando se definieron áreas y problemas propios de investigación y se diversificaron las áreas de aplicación, que fueron creciendo hasta el amplísimo campo actual. Por razones históricas que son de dominio público, en nuestro país, después de los promisorios inicios de las décadas anteriores, esta nueva etapa comenzó con muchísimo atraso. Los doctorados en Computación (en nuestra facultad y en algunas otras universidades nacionales) empezaron recién a mediados de la década de los 90, financiados fundamentalmente por los proyectos FOMEC, y con 20 años de atraso, si se compara por ejemplo con Brasil. También en los 90 empezó a consolidarse una masa crítica mínima de grupos de investigación en el país.

Pero el interés por la carrera académica ha ido creciendo muy significativamente en los últimos años, y en este momento tenemos más de 50 alumnos de doctorado, de los cuales más de una veintena están becados por el CONICET, la Agencia de Promoción Científica de la SECyT, fundaciones privadas como YPF o empresas como Microsoft, IBM, SIDERCA.

Hay en el mercado también una demanda importante de maestrías de buen nivel, dirigidas a profesionales que necesiten actualizar o ampliar su formación. Desde hace dos años se dicta en nuestro departamento la Maestría en Data Mining & Knowledge Discovery. La falta de docentes nos ha impedido hasta el momento crear otras maestrías en temas en los que sabemos que hay necesidad y demanda potencial.

Como se deduce de este panorama, nosotros también sufrimos la falta de recursos humanos para llevar a cabo estas y otras actividades y proyectos de investigación, transferencia de tecnología, difusión y extensión.

## Una mirada sobre nuestras carreras

Claudia Zelzman. Licenciada en Psicopedagogía. Directora Dirección de Orientación Vocacional (DOV). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.

[cmzelzman@yahoo.com](mailto:cmzelzman@yahoo.com)

Por estos días estamos escuchando la preocupación de autoridades educativas y de analistas políticos por el decreciente interés de potenciales estudiantes universitarios en las carreras de ciencia y tecnología. Seguramente, como todo fenómeno que involucra el comportamiento social, convergen en esta cuestión no sólo una, sino varias causas posibles.

En un contexto histórico, el interés por las carreras de ciencias comenzó a decaer entrando la década del 90. En épocas de libre mercado y valores mercantilistas, la búsqueda del “éxito garantizado” primó a la hora de las elecciones de los jóvenes, manteniendo las profesiones liberales, asociadas desde siempre al “ascenso social y futuro asegurado”, al tope de las preferencias.

Con similares parámetros de “éxito inmediato” empezaron a surgir desmesuradamente las universidades privadas e institutos terciarios ofreciendo nuevas carreras sintonizadas con este discurso. Demás está decir que en este crecimiento de ofertas educativas no hubo planificación ni estrategia, polarizando de esta manera las preferencias de los estudiantes en dos tipos de estudios: las carreras tradicionales por un lado, y las carreras cortas por otro, con dudosas promesas de salida laboral inmediata. Lejos de estas elecciones quedaban desplazadas las carreras de ciencias, que siempre implicaron una alta exigencia y sacrificio, valores que empezaban a quedar lentamente sepultados junto al fin de siglo.

Tampoco se mantuvo ajena a esto la crisis de la escuela media, que afectó especialmente la enseñanza de las ciencias. La disminución de horas de clase, y la menor capacitación de los docentes, contribuyeron al desinterés general y a la consecuente escasez de vocaciones científicas.

A partir de la instalación de este tema en el centro del debate, resulta oportuno replantear cuáles serían las mejores estrategias para alentar los estudios en estas disciplinas. Pero también cabe preguntarse a quién le corresponde definirlos. ¿Al Estado? Sin duda, porque en primer lugar debe fortalecer la enseñanza de las ciencias en la escuela media; ¿a las universidades? Indefectiblemente, porque deben responder a los requerimientos del país y no desoír las necesidades del sistema productivo. También deben comprometerse las asociaciones profesionales, aportando ideas orientadas a dar respuestas a las nuevas demandas del mercado laboral. Es decir, dado que son múltiples las causas que llevaron a esta situación, diversos son los sectores que deberán intervenir para revertirla.

En lo que a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales respecta, se ha tomado la iniciativa (aún bastante antes de que este tema estuviera instalado), de trabajar en distintos programas de articulación con colegios, cuyo objetivo final es difundir las carreras de ciencias exactas y naturales entre los jóvenes que se encuentran próximos a realizar sus elecciones vocacionales. Para ello, ha sido creada la Dirección de Orientación Vocacional (DOV-Exactas) en el 2002, desde donde se establecen fuertes lazos con escuelas y se organizan programas tendientes a despertar nuevas vocaciones científicas en los estudiantes.

Los beneficios que estos programas reportan a la Facultad se pueden analizar en una doble vía: a través de un mejoramiento *cuantitativo* de la matrícula (incrementando la cantidad de

alumnos ingresantes) y *cualitativo* (ofreciendo a los estudiantes que eligen estas carreras mejores herramientas para adaptarse al sistema universitario y disminuir de esta manera los altos índices de deserción y cambios de carreras, observados especialmente en los primeros años).

En particular, estamos muy satisfechos con los resultados que estamos alcanzando. Un alto porcentaje de estudiantes (38% de alumnos ingresantes a la FCEyN en 2007) han pasado por alguna de las actividades de articulación organizadas por la DOV, lo que, sin dudas, encuentra a estos jóvenes en mejores condiciones para insertarse en el ámbito universitario. Observamos también que, al trabajar con escuelas de diversos contextos socioculturales, estamos empezando a ampliar gradualmente la base social de ingresantes a estas carreras, tradicionalmente requeridas por alumnos de escuelas de “elite”, o con mayor vinculación con la actividad científica.

Sin embargo, con respecto a la cantidad de ingresantes, observamos que la matrícula podrá fluctuar y tender levemente a aumentar o mantenerse en los niveles actuales. En mi opinión, esto podría deberse a que hoy en día a la FCEyN le resulta muy difícil aumentar considerablemente los inscriptos a sus carreras porque el perfil de sus ingresantes está determinado casi exclusivamente por quienes las eligen deseando realizar una carrera científica e insertarse en la actividad académica. En cambio, los estudiantes que desean orientarse a la industria no perciben en ellas una salida laboral en este sentido. ¿Es sólo porque no podemos transmitirles que estas carreras permiten que sus graduados se inserten en la industria o en empresas, o hay algo intrínseco a ellas que no “seduce” a estos potenciales interesados? ¿Son compatibles estas carreras, con su gran demanda horaria, con el deseo de quien quiere, desde un inicio, adquirir experiencia afuera de la Facultad?

Por otro lado, los científicos, ¿no estarán sobrecalificados para ciertas tareas que requiere la industria, y desprovistos de ciertos conocimientos, para otras? ¿No habría que definir nuevos perfiles vinculados a las nuevas tecnologías y al sistema productivo?

En resumen, las carreras actuales ofrecen la mejor formación a la que puede aspirar un futuro científico, dado que otorgan una sólida formación básica y vinculan a sus estudiantes desde el inicio con el trabajo de investigación, lo que los aventaja respecto de quienes se forman en otros centros de estudio. Pero quizás este momento sea oportuno para analizar carrera por carrera y evaluar posibles nuevas opciones, contemplando carreras más cortas, vinculadas a las licenciaturas y definiendo en ellas nuevas competencias, habilidades y conocimientos específicos que la industria requiere (me refiero, por citar ejemplos, a economía de empresas, o gestión de recursos humanos). Todo esto sin desmedro de la formación básica para estas carreras más vinculadas a la tecnología, que debiera ser también ofrecida por los científicos que están investigando y generando conocimientos afines a sus campos de aplicación, ya que esto garantizaría la excelencia en la formación. Porque cabe aclararse que no se trata, como en los '90, de intentar responder al mercado con ofertas efímeras, o dar respuesta a problemáticas muy específicas que rápidamente mutarán hacia otras, sino de brindar herramientas para preparar a los graduados para las nuevas transformaciones tecnológicas que se seguirán sucediendo.

En este sentido, quizás pueda ofrecer dos ejemplos a tener en cuenta: uno “propio”, aunque compartido con otras Facultades, que es la creación de la relativamente nueva Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos, vinculada a las carreras de Biología y Química. Y otro ejemplo bastante “próximo”: en la Facultad de Arquitectura de la UBA, en respuesta a los cambios tecnológicos y a las nuevas demandas, se han creado hace algunos años, las carreras de Diseño. Hoy estas nuevas carreras han despertado el interés de muchos jóvenes, y han hecho “explotar” la matriculación de la FADU cubriendo una necesidad de graduados en estas disciplinas, quienes logran además una inmediata inserción laboral debido a su alta capacitación.

---

 **QuímicaViva**  
ISSN 1666-7948  
[www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar](http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar)

---

*Revista QuímicaViva*  
Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)

## ENSEÑAR QUÍMICA VS. APRENDER QUÍMICA: UNA ECUACIÓN QUE NO ESTÁ BALANCEADA

Lydia R. Galagovsky\*

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

### Introducción

Hace dos años, decíamos que a nivel mundial la enseñanza de la Química se halla en crisis: los países ricos con enormes recursos de infraestructura, económicos y tecnológicos para la enseñanza, no logran despertar el interés de sus alumnos por las ciencias; en especial por la química [1]. Efectivamente, en la última década se registra un continuo descenso –absoluto o relativo– en la matrícula de estudiantes en ciencias experimentales en el nivel de *high school*, acompañado de una muy preocupante disminución en el número de estudiantes que continúan estudios universitarios de química. Además, se percibe una disminución en las capacidades de los estudiantes ingresantes a las primeras asignaturas de química universitaria para carreras como Medicina, Bioquímica, Nutrición, Enfermería, etc. Muy preocupante resultan, además, los datos relevados sobre muy mala percepción pública sobre la química [1].

Si bien en nuestro país no hay trabajos de investigación estadística sobre estas cuestiones, la percepción de los docentes, tanto de escuela media como de las primeras químicas universitarias coincide con estos datos.

En 1993 el Congreso de la Nación aprobó un nuevo marco para el sistema educativo de la Argentina, a través de la Ley Federal de Educación (24195/ 1993). Estamos en 2007 frente a una nueva reforma educativa. La enseñanza de las ciencias y en especial de la química, se ha visto y se verá impactada por estos cambios. Los especialistas en química que, además, somos docentes, somos partícipes de dichos cambios, por presencia o por ausencia.

Las derivaciones socio-educativas de cualquier reforma educativa impactan en nuestra labor, queramos o no queramos, sabiendo o ignorando, comprometiéndonos o mirando para otro lado. Los siguientes párrafos intentan aportar información clave y algunas reflexiones, desde la investigación en enseñanza de las ciencias y, en especial, de la química.

La enseñanza de química (y de las ciencias) en el marco de la reforma educativa de los años 90

La Ley Federal de Educación (24195/ 1993) dividió a la escuela obligatoria en tres ciclos de tres años cada uno (EGB1, EGB2 y EGB3), planteó una educación secundaria obligatoria hasta el 3er ciclo de EGB (segundo año cumplido de la anterior concepción de escuela secundaria) y creó el último ciclo de tres años –ya no obligatorio– como nivel Polimodal, con orientaciones tendientes a posibles salidas laborales, o a continuar estudios universitarios.

En los ciclos obligatorios EGB2 y 3 las disciplinas científicas debían enseñarse integradas en el área de Ciencias Naturales. En los Polimodales prácticamente no se exigía la presencia de la asignatura química, excepto en el Polimodal de Ciencias Naturales.

La decisión sobre qué Polimodales se iban a poner en funcionamiento en cada escuela se decidió alrededor del año 1995, por compulsión entre los actores de cada comunidad educativa asociada a un establecimiento escolar. El resultado fue que pocos padres, estudiantes, profesores y directivos eligieron implementar Polimodales en Ciencias Naturales. Como consecuencia de ello, si algún estudiante al egresar del EGB3 (15 años) percibía una vocación irresistible por continuar estudiando algunas de las disciplinas de ciencias naturales, debía viajar tan lejos como se requiriera para poder asistir a un establecimiento con un Polimodal con esta especialidad. Frente a esta situación el lector podrá deducir que, en la práctica real y cotidiana, pocos estudiantes han tenido contacto con la química en niveles preuniversitarios en los últimos diez años. Esta situación no se derivó de los documentos teórico-curriculares de la Reforma, sino de su implementación; ya que, todos los contenidos de química que debían

enseñarse estaban presentes ya en los listados de Contenidos Básicos Comunes del EGB2 y EGB3.

Más allá de los avatares devenidos por la implementación de la reforma educativa de la década pasada, analicemos algunas cuestiones fundamentales del discurso acerca de la enseñanza de las ciencias –y de la química— en los documentos curriculares de dicha reforma. Antes de la Ley Federal de Educación se consideraba –explícita o implícitamente-- que la finalidad de la enseñanza de química en la escuela secundaria era la de formar futuros estudiantes de carreras científicas. Es decir, como mínimo, enseñar química en secundaria tenía como objetivo formar a los estudiantes para que pudieran aprobar los cursos de ingreso a las carreras que exigieran esta disciplina a sus ingresantes; es decir, un objetivo propedéutico. A partir de la Ley Federal, este objetivo cambió: la idea central debía ser la alfabetización científica [2] para los ciudadanos y ciudadanas. La idea de alfabetización científico tecnológica se vincula con modificaciones profundas en la concepción de ciencia como un conjunto de procesos de construcción social, cuya evolución está sujeta a intereses económicos, políticos y sociales y con profunda influencia en los grandes cambios sociales. Esta perspectiva ha surgido a partir de un cambio en el concepto de ciencia enseñada, relacionándola con la necesidad de estimular en los estudiantes una toma de conciencia sobre su rol activo como actores sociales con posibilidades de decisión en sus ámbitos familiares, laborales, etc., sobre temas vinculados a los avances científico- tecnológicos y sus aplicaciones.

Este concepto de alfabetización científica continuó profundizándose en la literatura de enseñanza de las ciencias y, actualmente, se incluye en el enfoque de “una enseñanza de ciencias sustentable”, tal como expresan los documentos de la UNESCO y de la Organización de Estados Iberoamericanos [3-5]. Según las palabras de Aureli Caamaño [6] --uno de los promotores hispano-parlantes más reconocidos sobre la alfabetización científica en el área de química--: *“Pensar en la disciplina química en términos de alfabetización científica para ciudadanas y ciudadanos implica necesariamente disminuir la importancia de los contenidos tradicionalmente considerados como estrictamente disciplinares, para dar espacio curricular a aspectos situados en el campo más prioritario de la comprensión pública de la ciencia, de sus procedimientos, de las vinculaciones ciencia-tecnología sociedad (CTS) para fomentar actitudes positivas hacia las ciencias.”*

Este enfoque explicitado en los aspectos teóricos de los documentos de la reforma de los años 90 no se condijo con el extensísimo listado de los contenidos básicos comunes que debían ser enseñados en el área de química, incluso desde los niveles EGB2 y EGB3. Este hecho contradictorio mostró una clara dicotomía entre el discurso pedagógico y el listado de contenidos conceptuales propuesto por expertos científicos universitarios que –al parecer-- apuntaba todavía a formar egresados listos para ingresar al sistema universitario científico. Esta misma situación se ha dado en España, país del cual se trajeron los lineamientos generales de la reforma educativa [7].

#### A diez años de la reforma educativa en la Argentina

Diez años después de la aplicación de la reforma educativa, estamos ante una nueva reforma. Podemos preguntarnos si se verificó algo de lo previsto en aquel ilusionado discurso educativo y sus “expectativas de logro”. Si bien no hay demasiadas investigaciones sistemáticas, podemos citar tres:

- a) Una, llevada a cabo en jornadas intensivas de trabajo con docentes de Profesorados en Química, de la Provincia de Buenos Aires [8-9]. En los documentos producidos se señalaron diferentes causas que llevaron a la “devaluación” de los contenidos de ciencias en su presentación por área en el ciclo denominado EGB3. Asimismo, se marcó la dificultad de recuperar la enseñanza y el aprendizaje de contenidos tradicionales de química en el ciclo de Polimodal --aún en los de Ciencias Naturales— debido, justamente, a la mencionada pobreza de contenidos y habilidades cognitivas previos en la mayoría de los estudiantes. Finalmente, se puso de manifiesto la lamentable situación en la formación de nuevos docentes, derivadas de Profesorados de nivel terciario concebidos curricularmente por área de Ciencias Naturales con orientaciones.
- b) Otra, llevada a cabo por un grupo de CONICET [10], que documentó la demanda y el importante rol laboral de los egresados de escuelas técnicas previas a la reforma, con títulos de *técnicos químicos*. Estas escuelas fueron curricularmente desmanteladas en las jurisdicciones donde se aplicó la reforma educativa [11], y se reemplazó dicho título

por el de *técnico en industrias de procesos*. Los saberes de estos egresados parecen no conformar las exigencias del mercado laboral, habiendo una demanda del sector productivo de técnicos químicos, que no es actualmente cubierta.<sup>1</sup>

- c) Y finalmente, otra, llevada a cabo como Tesis de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad de General San Martín [12], donde se muestra claramente que no hubo modificaciones conceptuales importantes en el tratamiento editorial de la disciplina Biología antes y después de la reforma educativa; y que prácticamente no aparecen propuestas que respondan a las demandadas nuevas dimensiones en cuanto a los lineamientos pedagógicos, de enfoque de ciencia y de consideración a las características de los sujetos que aprenden.<sup>2</sup> Por el contrario, los cambios editoriales fueron más bien cosméticos, con gran cantidad de temas tratados brevemente y superficialmente acompañados de gran profusión de imágenes, espacios libres y comentarios en los márgenes.<sup>3</sup>

De estas informaciones surge que los cambios ocurridos a partir de la última reforma educativa no produjeron los resultados positivos esperados.

¿Es posible volver al objetivo de enseñar química tal como antes de la reforma de los años 90?

Posiblemente, frente al fracaso de la reforma educativa --al menos en el área de enseñanza de la química--, estemos tentados a plantear, melancólicamente, que se debería volver a sostener los objetivos anteriores a la reforma; es decir, sostener la lógica según la cual "enseñar bien" signifique preparar a los estudiantes de secundaria para aprobar la química de los cursos de ingreso o de las primeras materias de carreras universitarias específicas.

Quizás esta fuera una situación ideal, pero se topa con la cruda realidad de que cada vez son menos los estudiantes dispuestos a hacerlo; y son menos los docentes que pueden sostener este tipo de enfoques "contra viento y marea", debido a la postmodernización de nuestra cultura [13]. Este fenómeno socio-cultural, que cundió en el mundo occidental, trajo aparejado una resistencia general al esfuerzo, y una incredulidad sobre la efectividad de tales esfuerzos a la hora de triunfar laboralmente. Esta "resistencia social" a la cultura del esfuerzo es real, concreta y mundial; y, si bien, sus múltiples causas conocidas e incontables causas aún desconocidas, exceden el planteo del presente trabajo, no debemos perder de vista que es parte de una realidad que permea las aulas y anega voluntades.

La sociedad cambió, sus valores cambiaron...Ahora, frente a una nueva reforma educativa, deberíamos preguntarnos ¿se pueden volver a sostener objetivos de hace 20 años? ¿Cómo esperamos que siga la historia de la educación química en nuestras escuelas secundarias? ¿Cuál es el rol de la Universidad en esta nueva etapa?

¿Qué es lo que se espera de la escuela secundaria y de una reforma de la educación en ciencias?

Es bueno antes de opinar sobre este punto crucial tomar algunas informaciones sobre quienes investigan al respecto. Por un lado, los teóricos del área educativa reclaman cambios en el rol de la escuela. Ya en el 2000, el Prof. Howard Gardner [14], responsable del Proyecto Zero de la Universidad de Harvard, en EEUU, señalaba: *"...los cambios en nuestro mundo son tan rápidos y contundentes que las escuelas no podrán seguir siendo como eran y tampoco se podrán limitar a realizar unos ajustes superficiales. De hecho, si las escuelas no cambian con rapidez y de una manera radical, es probable que sean reemplazadas por otras instituciones con más capacidad de respuesta (aunque quizás menos cómodas y no tan legítimas). Existen precedentes de estos cambios radicales. Hace trescientos años, las escuelas sólo servían a una minoría selecta y tenían un carácter básicamente religioso; pero durante los dos siglos siguientes llegaron a una población más amplia y adquirieron un barniz esencialmente laico...(...) Hace cien años bastaba con tener una elite muy instruida y una población general con una instrucción básica. Sin embargo, hoy en día casi cualquier función que se pueda realizar mediante la aplicación de unos procedimientos regulares acabará siendo informatizada, tarde o temprano. Para que un trabajador sea interesante para un patrón, debe ser instruido, flexible, capaz de encontrar problemas y solucionarlos y, no por casualidad, capaz de desempeñar otras funciones o incluso otra actividad profesional si su puesto actual se queda anticuado. Y las sociedades tampoco se podrán desentender de partes importantes de la población. Para seguir siendo competitivas en un mundo que cambia con tanta rapidez, tendrán*



*que ofrecer una buena educación a la gran mayoría de sus ciudadanos. Y tendrán que responder con agilidad.”*

Por otro lado, en su editorial de Marzo de 2006 [15], el Journal of Research in Science Teaching, revista oficial de la Asociación Nacional de Investigación en Enseñanza de las Ciencias de EEUU (National Association of Research in Science Teaching, NARST) dice: *“Hace 50 años, los EEUU debieron hacer una reforma de su sistema educativo en ciencias para hacer frente a la realidad de que la Unión Soviética había enviado el Sputnik al espacio (en 1957). El desafío estaba claro: mejorar la educación en ciencias para potenciar el desarrollo científico tecnológico de los EEUU; se pretendió que esa mejora podía lograrse en una década. ... Ahora, en EEUU debemos hacer frente a otro esfuerzo de mejora: la comunidad educativa reconoce la situación actual del peligro del país de perder su rasgo de gran competitividad en la economía global. ...Actualmente el desafío es mucho mayor: por un lado, nuestros competidores son numerosos, ya que se incluyen no sólo países desarrollados como Canadá, Francia, Alemania y Japón, sino otros países con economías en crecimiento como China, Hong Kong, India, Irlanda, etc. Por otro lado, el objetivo primario está menos claro y es más complejo saber qué habilidades deben ser las mejores para nuestros estudiantes en un escenario de economía global sin precedentes. Tercero, el tiempo en que se puede lograr una mejora de la educación en ciencias es mucho mayor que una década; hay quienes opinan que es al menos de 50 años. ...Necesitamos una mejora en las habilidades y conocimientos en ciencia y tecnología de los estudiantes en general, y un número suficiente de talentos individuales entrando a las carreras de ciencias y de ingeniería.”*

El editorial continúa haciendo preguntas explícitas sobre cómo lograr dichos cambios, cuáles son las habilidades que hay que estimular, cuáles son los contenidos y el desarrollo curricular óptimo; o, al menos, cuáles son los criterios, los indicadores y los modelos que permitan planear acciones coherentes y efectivas. Es decir, se reconoce que seguimos teniendo más preguntas que respuestas en torno a cómo enseñar ciencias en los niveles pre-universitarios.

Desde la investigación, Tyack y Cuban [16], en sus estudios sobre la evolución de diferentes reformas educacionales en EEUU, concluyeron que *“sería excepcional una reforma que funcionara o persistiera de acuerdo a lo planeado. Aún reformas de larga duración no son estáticas, sino que evolucionan en forma frecuentemente no anticipada por quienes las propusieron.”*<sup>4</sup> A partir de esta premisa, Smith y Southerland [17] indagaron posibles razones que dieran cuenta de por qué se da esta situación, involucrando en sus estudios a dos docentes que estaban bien familiarizadas con la última reforma educativa en ciencias, y que habían reaccionado aceptando las herramientas específicas de dicha reforma: los estándares, los currículos estatales obligatorios y los exámenes estatales de final de nivel. Los autores concluyeron que estas herramientas fallaron en estimular y afianzar el tipo de instrucción prevista por los reformadores, ya que ambas docentes fueron conscientes en alterar o ignorar los mensajes de la reforma.

Los datos del estudio sugieren, que *“habría dos explicaciones intelectuales para entender esta respuesta aparentemente contradictoria a la reforma educativa en ciencias y a las herramientas usadas para promoverla. La primera explicación –derivada de investigaciones Laplante 1997 [18]– es que las decisiones pedagógicas y curriculares sostenidas por estos maestros están firmemente sustentadas por sus creencias acerca de la propia práctica, creencias que no necesariamente se alinean con las tendencias de la reforma. Estas teorías profundas no son sencillas de suplantar ni son realmente modificadas por ideas y metodologías impuestas externamente.”*

Estos autores también sostienen que *“Nuestros datos también muestran que estas dos maestras entienden los mensajes de la reforma, pero eligen no considerarlos; esto es opuesto a otras investigaciones que mostraban que otros docentes modifican las propuestas de la reforma en forma no intencional [19].*

*(...) Nuestro trabajo sugiere que el llamado nacional a la acción corporizado en la reforma es, en gran medida, no escuchado por el maestro promedio que trabaja en las aulas. Más aún, el instrumento que parece tener la voz más poderosa en cuanto a llevar el mensaje de la reforma, el currículum central del estado, es percibido por la mayoría de los docentes como una simple descripción de contenidos en vez de como un instrumento que ayude a prever nuevas formas de enseñar ciencias. Sumada la desafortunada combinación de una pobre descripción de pedagogía y una voluminosa lista de contenidos de ciencia, este instrumento de la reforma es mudo; o, en el mejor de los casos, un pequeño murmullo que no llega a provocar cambios.*

(...) Frente a las contradicciones o inconsistencias percibidas en los instrumentos de la reforma, los docentes han finalmente elegido permanecer fieles a sus creencias y teorías propias sobre la práctica en el aula, a pesar de las presiones externas impuestas por dichas herramientas.”

Si esto es lo que pasa en EEUU, podemos inferir que algo no muy lejano podría pasar en nuestra sociedad; es decir, por más esmerado que fueran los documentos derivados de nuevas leyes y nuevas reformas, la realidad educativa se configurará sobre un entramado complejísimo de relaciones. Así, las mejores intenciones plasmadas en la letra impresa de documentos oficiales serán reinterpretadas bajo los condicionamientos de los actores de la educación, y los microclimas que se generan en cada clase, cada escuela, cada barrio, cada jurisdicción.

Lo más a mano: proponer alternativas ingenuas

Muchos de los que ya somos expertos en química podemos creer que es muy sencillo dar una buena formación de los estudiantes de secundaria en química, si consideráramos los siguientes pasos:

- Hacer un listado con los contenidos de química y enseñarlos.
- Hacer un listado de los procedimientos asociados a la metodología científica y enseñarlos.
- Hacer prácticas de laboratorio.
- Evaluar sosteniendo niveles de exigencia.
- Capacitación docente exclusivamente centrada en los contenidos disciplinares.

Esta “receta” podría ser óptima si funcionara; sin embargo, investigaciones en didáctica y epistemología de las ciencias y de la química han revelado sistemáticamente que éstos son enunciados reduccionistas.

Siendo extremadamente breves, y basándonos en investigaciones, podemos decir que:

a) *Respecto del listado de contenidos*

Según Wobbe de Vos y Pilot [20], 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. Para nombrar unos pocos ejemplos, en 1863 la Tabla Periódica de elementos de Mendeleev era todavía desconocida, 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 al 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  $OH$ .

El objetivo de impartir dicha asignatura en una escuela totalmente elitista era ilustrar a determinados jóvenes --seguramente pertenecientes a poderosas familias de comerciantes holandeses-- sobre las últimas tecnologías analíticas, para evaluar y/o confirmar la calidad de las mercaderías (ácidos, bases, minerales, metales, piedras preciosas, etc.). Los conocimientos provenían de una *tecnología química* propia de esa época. Los docentes de dicha asignatura eran investigadores; por lo tanto, la química escolar involucraba el máximo conocimiento profesional de la época.

En los siguientes 150 años se desarrollaron las teorías físico-químicas, tales como electroquímica, equilibrio, cinética y química termodinámica; las teorías atómicas y las teorías sobre las uniones químicas. 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 espectroscopías); la bioquímica se desarrolló fuertemente, abriendo nuevos campos de conocimiento en ciencia y tecnología. Debido a que se sostuvo durante todo ese lapso la idea de que la química en la escuela debía ser un panorama de lo que es la química como disciplina científica, se agregaron todos los temas en el currículo [20].

Poco a poco, el currículo de la asignatura Química se fue engrosando, nuevos tópicos se agregaron como capítulos adicionales, o como información adicional al final de cada capítulo. Los viejos temas fueron presionados por los nuevos y el currículo de química fue adquiriendo un perfil de tipo sedimentario; con sucesivas capas de conocimiento depositadas una sobre otra, no siempre bien conectadas y algunas veces con inconsistencias entre ellas.

Debido a esa presión sedimentaria demandante de sumar más y más contenidos al currículo de química, los libros de texto fueron eliminando las discusiones, las controversias, las coexistencias de teorías antagónicas, las historias humanas asociadas a los descubrimientos.

Así, se llegó al currículo actual de Química, que no brinda a los estudiantes una idea adecuada de qué es lo que está pasando en los modernos laboratorios --de investigación o industriales-- de química, y no los atrae a continuar estudiando esta disciplina científica --más bien los induce a todo lo contrario!! [20]. El triunfo de la disciplina científica Química se convirtió en la tragedia de la materia escolar Química [21].

¿Podrá cambiarse esta situación? Wobbe de Vos y Pilot previenen sobre la dificultad para generarse, debido a dos tradiciones: Por un lado, la tradición mencionada en el párrafo anterior, y, por otro, porque la tradición de cómo organizar los cambios curriculares sucesivos -- en nuestro país y en el mundo-- supone preguntarle a los expertos científicos en las subáreas de química y; generalmente, los expertos responden proponiendo listas interminables con temas y más temas para ser enseñados. Es decir, el currículo de química se ha vuelto auto-referente, tanto en su formato como en la forma de construirlo.

Acevedo [22] ha señalado que *“Histórica y globalmente, la enseñanza de las ciencias en los niveles de educación obligatoria se ha regido por la visión propedéutica de la universidad, y los contenidos se definen en función de los conceptos científicos esenciales para los estudios superiores, aunque sea una pequeña fracción de la población de jóvenes la que acceda al nivel superior de educación” [...]. Y agrega: “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.”*

En resumen, el currículo de química que se propone para la escuela secundaria es propedéutico, abstracto y extensísimo; y ésta puede ser una de las causas que alejan a los estudiantes de esta disciplina científica. La cantidad de conocimientos químicos que se producen anualmente en nuestra cultura occidental es explosiva...¿Hasta cuándo continuaremos sosteniendo las tradiciones mencionadas?

b) *Respecto de las metodologías asociadas a la ciencia química y a su relación con la tecnología*

Acevedo Díaz y colaboradores han investigado asiduamente sobre las creencias de expertos universitarios, profesores secundarios y estudiantes de ciencias sobre cuestiones epistemológicas acerca de la “Naturaleza de las Ciencias”. De su último trabajo [23] se desprenden interesantes resultados: Básicamente existe una gran diversidad en las concepciones de ciencia y de su relación con la tecnología. Sin embargo, el análisis realizado mostró respuestas coincidentes, sobre todo respecto a creencias ingenuas, como por ejemplo:

- El *método científico*, desde una creencia ingenua, se considera como un conjunto de ideas que lo limitan a meras recetas de laboratorio, al registro cuidadoso de datos, o al control de variables experimentales, sin lugar para la interpretación.
- El *método científico*, desde otra visión ingenua, consiste en ejecutar una secuencia de etapas. Esto supone una visión rígida y codificada de una metodología científica, cuyo correcto cumplimiento aseguraría resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Curiosamente, quienes lo sostienen no entran necesariamente en conflicto cuando -- en otras respuestas--, reconocen la influencia de la originalidad y la creatividad como características de los científicos en el desarrollo de su trabajo.
- El papel epistemológico de la *lógica* en la investigación científica mostró consenso en dos creencias ingenuas. Por un lado, se la considera importante debido al carácter acumulativo de los resultados de los sucesivos experimentos. Por otro lado, se la niega porque el conocimiento científico se produciría sobre todo por casualidad o azar (serendipia).
- La *lógica* aplicada a la comunicación del conocimiento científico --enmarcada en el formato de las publicaciones científicas- fundamenta la creencia ingenua que afirma que los científicos trabajan de la misma manera que relatan en sus publicaciones. Es decir, hay ausencia de distinción entre “ciencia privada” (contexto de descubrimiento) y “ciencia pública” (contexto de justificación).
- El acuerdo alcanzado en relación al papel del *razonamiento probabilístico* valora la ingenua creencia según la cual todo el conocimiento científico que se expresa en lenguaje matemático es seguro, con una precisión absoluta.

- Sobre la *dependencia mutua entre ciencia y tecnología*, se puso de manifiesto la creencia ingenua que la tecnología es “ciencia aplicada”. Esta concepción distorsiona el papel de la tecnología en la historia de la ciencia [24-25].<sup>5</sup>

La naturaleza real o inventada del conocimiento científico es parte de una polémica más general, y muy vigente, entre el realismo ingenuo (las leyes se descubren porque están en la naturaleza) y el constructivismo instrumental (las leyes se inventan para interpretar los hechos). La creencia ingenua expresa que el conocimiento científico está inscrito en la naturaleza y, por tanto, la tarea del científico es descubrirlo en lugar de inventarlo (realismo ingenuo) [23]<sup>6</sup>. Nansoor Níaz [26] ha señalado que “*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 pugnaron por sostener paradigmas científicos en conflicto*”. Esta puede ser una de las causas que conducen a que los científicos que no han buceado por cuenta propia en temas de epistemología, tengan concepciones ingenuas acerca de la naturaleza de la disciplina en la que son expertos. Lamentablemente, en muchos casos, la ignorancia de otras miradas epistemológicas conlleva a algunos científicos a sobrevalorar sus propias creencias [27].

La naturaleza de la evolución del pensamiento científico es una cuestión epistemológica en permanente revisión. Dado que los diversos modelos de ciencia y tecnociencia tienden a ser cambiantes porque ambas se encuentran en continuo desarrollo, sería utópico pensar en la existencia de una sola caracterización de la “naturaleza de las ciencias” [23]. Sin embargo, esta incertidumbre epistemológica que enriquece el debate en ciertos niveles de investigación, no es para nada reflejada en los niveles de enseñanza –¡ni aún los universitarios! Por el contrario, generalmente “bajan”, visiones rígidas y podría decirse “soberbias” sobre la infalibilidad de los conocimientos aceptados actualmente –aunque se declame, de vez en cuando, que estos conocimientos podrían ser provisorios. Esta postura envuelve a los científicos en un pretendido entorno de cualidades que, generalmente, llevan a los estudiantes a percibirlos como gente muy diferente de lo que ellos podrían llegar a ser. Así, esta pretendida auto-valoración positiva de la gente que “hace ciencia” no se deriva necesariamente en una atracción profesional para la mayoría de los jóvenes. En resumen, aquellos científicos que exaltan en sus discursos el concepto de “el método científico” evidencian un gran desconocimiento sobre los debates actuales en epistemología de las ciencias, que ya llevan al menos 80 años desarrollándose.

#### c) *Respecto de las prácticas de laboratorio*

Nakhleh, Polles y Malina [28] reseñan investigaciones realizadas hasta el año 2002 sobre las ventajas, desventajas, expectativas y logros reales en la utilización del laboratorio en clases de química de nivel secundario. Como posturas extremas podemos citar, por un lado, quienes proponen que durante las prácticas de laboratorio los estudiantes alcanzan altos niveles de comprensión a partir de la verificación de principios químicos (habilidades del dominio cognitivo) y, simultáneamente, adquieren entrenamiento en destrezas técnicas (habilidades motoras). En el otro extremo, encontramos posturas que cuestionan los pocos beneficios que aportaría el trabajo de laboratorio en relación al tiempo invertido por estudiantes y docentes [29]. Particularmente estas críticas ponen en evidencia que muchas de las destrezas motoras supuestamente aprendidas durante el laboratorio, no son las que luego necesitarían los estudiantes para realizar trabajos en el nivel universitario o en industrias reales. Asimismo, se advierte que cuando el laboratorio sólo supone ejercicios de verificación de lo visto en teoría, los estudiantes se desmotivan, disminuye su curiosidad. Desde esta perspectiva, este tipo de actividades serían perjudiciales para la valoración de la asignatura y perfectamente reemplazables con demostraciones.

Estas controversias han llevado a otros investigadores a plantear nuevas formas del trabajo en laboratorio, basadas en preguntas (inquire-based activities), para diferenciarlas de las tradicionales y muy criticadas actividades de tipo repetición de recetas [30].

#### d) *Respecto de la evaluación y el nivel de exigencia*

Con respecto a la evaluación, durante los últimos 20 años numerosas investigaciones educativas mostraron errores conceptuales importantes en temas de ciencia --y de química--, en estudiantes y egresados de secundaria, en diversos países [31-34]. De alguna forma, esta contundencia en la comprobación empírica sobre la escasa significatividad y consistencia científica de los aprendizajes de los estudiantes generó reflexiones sobre qué y cómo se estaba enseñando ciencias. Surgieron entonces recomendaciones para mejorar la imagen pública de las ciencias (y de la química) mediadas por enfoques de tipo Ciencia-Tecnología-Sociedad (en inglés: context-based approaches). Algunas experiencias se llevaron a cabo bajo estas sugerencias; tal como *Science: The Salters Approach*, y *Salters Advanced Chemistry* (en Reino Unido) que resultó muy motivadora para estudiantes y docentes. Sin embargo, tuvo serios problemas a la hora de ser evaluada. Bennet y Holman [35] señalan al respecto que “*La evaluación tiene una poderosa influencia sobre lo qué y cómo los docentes enseñan. Existe el riesgo que los docentes, bajo la presión de tener que enseñar mucha cantidad de contenidos, sientan que tienen que cortar camino para ahorrar tiempo y, entonces, se enfocan más en los conceptos que en el contexto a partir del cual deben surgir.*” Estos autores señalan también la dificultad de hacer evaluaciones en contexto que sean coherentes con los objetivos y que no abrumen a los estudiantes y resaltan la necesidad de más investigación al respecto.

Resultados recientes obtenidos en nuestro grupo de investigación [36-37] han mostrado mediante el uso de instrumentos de evaluación no tradicionales que muy buenos estudiantes de química, comprometidos y entusiastas --pertenecientes a un 4to año Bachiller de una muy buena escuela de la ciudad de Buenos Aires--, generaron respuestas erróneas frente a tópicos de química que ya habían aprobado con buenas notas el año anterior --cuando habían sido evaluados con instrumentos de un formato similar a como se les había enseñado.

Esta situación señala que el tipo de instrumento de evaluación utilizado condiciona la información que se obtiene sobre la real comprensión de los estudiantes: los estudiantes suelen memorizar aprendizajes fragmentados, algunos de los cuales son, incluso, “verdades parciales” tomadas del discurso docente y de libros de texto [37].

Para aprobar una evaluación de química los estudiantes deben procesar una inmensa cantidad de información, que abarca diferentes lenguajes (verbal, gráfico, visual, de fórmulas, matemático, etc.), cada uno con sus códigos y formatos sintácticos estrictos. Así, sus mecanismos de procesamiento cognitivo de información resultan desbordados. Esta situación es percibida por ellos --como le ocurre a cualquier humano frente a una sobreexigencia cognitiva-- con un gran estrés, lo que les provoca desmotivación y una tendencia a desconectarse de esa demanda, rechazarla, o negarse a hacer esfuerzos que consideran inútiles [38].

En resumen, no existe una relación sencilla y coherente entre evaluación y niveles de exigencia.

#### e) *Respecto de la capacitación docente*

Obviamente, si no se conoce el contenido disciplinar no puede haber una buena enseñanza del mismo. Esto nadie lo discute. Sin embargo, la clase es un espacio de comunicación entre personas. El docente tiene una mente experta en un dominio de conocimiento y quiere que sus estudiantes, con sus mentes no expertas en dicho dominio, puedan construir en ellas un conocimiento que se sostenga en el tiempo, que sea significativo y sustentado. Es decir, un buen aprendizaje se supone que no es sólo información guardada desorganizadamente en la memoria de largo plazo; sino que esa información debería estar relacionada con conocimientos ya existentes y poder ser utilizada como anclaje de nuevos aprendizajes vinculados [39-40].

La comunicación es un proceso cognitivo sumamente complejo que ocurre entre “mentes” --en este caso la del docente y sus estudiantes. El vehículo natural de la comunicación son los lenguajes (hablados, escritos, visuales, gestuales, etc. etc.). Las disciplinas científicas utilizan complejos lenguajes y recientes enfoques aseguran que “aprender ciencia es aprender a hablar ciencia” [41]. Los lenguajes de la química son especialmente difíciles de procesar por las mentes de los estudiantes [36,37,42]. Es decir, una misma expresión (verbal, gráfica, de fórmulas, etc.) remite a significados diferentes cuando es interpretada por un experto que por un lego.

En otras palabras, el “conocimiento” no se transmite desde la mente del docente a la del estudiante; lo que se establece en el aula es un proceso muy complejo de comunicación en el cual los lenguajes ocupan un rol central. Los procesos de aprendizaje no son automáticos ni espontáneos; requieren tiempo y esfuerzo cognitivo. Por lo tanto, un buen docente es aquél

que sabe el contenido disciplinar y que, además, tiene la capacidad de facilitar procesos de aprendizaje.

“Presentar información” no es sinónimo de “enseñar bien”. “Informar” no es sinónimo de “formar”. Una investigación reciente en North Carolina, EEUU, muestra que una capacitación docente donde se logren cambios reales en las habilidades y actitudes de los docentes requiere que ellos formen parte de grupos de investigación en didáctica de las ciencias [43].

Las investigaciones en didáctica de las ciencias, que ya llevan unos 50 años de existencia, aún no dan respuesta acabada sobre las variables que median en los procesos de comunicación y que, de ser conocidas por los docentes, harían de ellos buenos profesionales en sus tareas de favorecer el aprendizaje de sus estudiantes. Hay propuestas muy valiosas, pero aún son incontables las preguntas que se hace la comunidad de científicos que reflexiona sobre qué significa “enseñar bien tal tema, a una dada población de estudiantes”.

Cierto es que para muchos científicos ser expertos en un tema disciplinar es sinónimo de ser un “buen docente”...Los estudiantes perciben perfectamente que puede no ser así [44]. En resumen, una buena capacitación para docentes debe incluir tanto aspectos de ciencia y como de didáctica de las ciencias.

Enseñanza de la química en la primera década del siglo XXI: un necesario punto de inflexión.

Teniendo presente los datos señalados en párrafos anteriores hacemos el siguiente planteo:

*i- Los expertos investigadores en química deberíamos tomar conciencia sobre que:*

- No hay una concepción “única y verdadera” de ciencia.
- No hay una concepción “única y verdadera” de método científico.
- El currículo de química escolar presenta excesiva cantidad de contenidos, y se aleja de la idea de alfabetización científica.
- El incremento geométrico de conocimientos químicos generados por la ciencia exige la investigación sobre formas alternativas de selección de contenidos para la enseñanza.
- La transcripción de contenidos de química de la universidad a la secundaria, con fines propedéuticos, desatiende y desmotiva a la inmensa mayoría de los estudiantes.
- 

*ii- Los docentes de química deberíamos tomar conciencia sobre que:*

- Los estudiantes de secundaria --como todos los seres humanos-- tienen capacidad limitada de procesamiento de información [49]; y el esfuerzo cognitivo para aprender se relaciona directamente con la motivación.
- Los estudiantes de secundaria, como integrantes de una cultura globalizada postmoderna, perciben negativamente a la química como contaminante del planeta y como una disciplina “difícil”, cuya salida laboral no recompensa el esfuerzo que demanda aprehenderla.
- Los que elegimos enseñar química, debemos aceptar que sólo algunos de nuestros estudiantes de secundaria estarán interesados en seguir ciencias. La mayoría de ellos no seguirán carreras relacionadas con la química, pero serán ciudadanos y ciudadanas que deberían llegar a valorarla a partir del contacto con esta disciplina durante sus años de secundaria.

*ii- Los docentes universitarios de química deberíamos tomar conciencia sobre que:*

- La universidad debería hacerse cargo de proveer los medios necesarios para que los estudiantes ingresantes puedan nivelar sus conocimientos previos —parciales o inexistentes— hasta alcanzar aquéllos considerados como requisitos para las primeras materias [50].
- No debería exigirse que esos contenidos ya sean traídos como bagaje cognitivo desde la escuela secundaria, pues ello condena a la desmotivación, la resistencia y la mala percepción pública de la química para la gran mayoría de los futuros ciudadanos.

Obviamente, no es exclusivamente con documentos o con leyes de reforma educativa que mejoraremos la calidad del aprendizaje de química. Tampoco ayuda la soberbia de creer que ser un especialista en una ciencia exacta o natural se corresponde con ser una persona mejor preparada, más inteligente, o portadora de valores éticos o estéticos por encima del resto de la comunidad.

## Consideraciones finales

La Didáctica de la Química, como campo joven de investigación, debe:

- Investigar sobre las problemáticas referidas a la enseñanza, al aprendizaje y a la brecha real que existe entre la química enseñada y la química aprendida en la escuela.
- Hacer aportes para renovar la concepción sobre qué debería significar enseñar química en la escuela media, tendientes a mejorar la percepción pública de esta disciplina.
- Hacer propuestas concretas de concientización, articulación y comunicación entre los actores responsables de la enseñanza de la química en diferentes niveles educativos.
- Hacer esfuerzos por revalorizar la tecnología química como contenido escolar.
- Acompañar propuestas de enseñanza de contenidos –sean éstos básicos o de última generación— con reflexiones que ayuden a convertirlos en insumos para aprendizajes significativos y sustentados.
- Favorecer que la enseñanza de química sea un vehículo para estimular en los estudiantes la auto-confianza en sus capacidades cognitivas y en sus cualidades creativas; en desarrollar estrategias positivas de trabajo en equipo y de comunicación; y en generar placer por satisfacer la curiosidad innata de la naturaleza humana, sin encorsetar sus mentes forzándolos a estudiar de memoria respuestas sin significado a preguntas que ellos jamás se hicieron.

### Nota 1

Por supuesto hay excepciones a esta lamentable situación. Sin embargo, Estas apreciaciones surgen de diálogos con empresarios, con profesores de dichas escuelas técnicas, de investigaciones [10] y de observar en el periódico avisos clasificados pidiendo técnicos químicos, donde se explicita “egresados de Polimodal, abstenerse”.

### Nota 2

Si bien hasta donde sabemos no hubo una investigación sistemática similar sobre textos de química, nuestra experiencia nos permite extender estas apreciaciones a las propuestas editoriales de química, sin temor a equivocarnos.

### Nota 3

Estos comentarios no figuran explícitamente en la Tesis, pertenecen a la autora del presente trabajo; pero fueron compartidos y acordados con el tribunal –jurado—actuante en la defensa de la Tesis de Licenciatura, y por la autora de la misma.

### Nota 4

Traducción a cargo de la autora.

### Nota 5

Son pocos los libros que abordan la enseñanza de la química desde una perspectiva tecnológica; hacerlo supone una ruptura con la continuidad de la tradición curricular, en función de aceptar que la significación de contenidos químicos tradicionales puede lograrse cuando los estudiantes no-químicos valorizan aplicaciones tecnológicas que de ellos se derivan [44].

### Nota 6

Para una presentación sobre este tema, ver [45-46].

\*Dra en Ciencias Químicas, FCEN-UBA  
Profesora Adjunta, CEFIEC-FCEN-UBA  
Directora del Grupo de Investigación en Aprendizaje y Didáctica de las Ciencias Naturales (GIADiCien), CEFIEC-FCEN-UBA  
Presidenta de la División Educación de la Asociación Química Argentina

## Bibliografía

[1] Galagovsky, Lydia (2005). La Enseñanza de la Química Pre-Universitaria. *Química Viva*, Volumen 4(1). <http://quimicaviva.qb.fcen.uba.ar>

- [2] Fourez, G (1998) La construcción del conocimiento científico. Madrid Narcea.
- [3] Macedo, B (2006). Habilidades para la vida: contribución desde la educación científica en el marco de la Década de la educación para el desarrollo sostenible.  
<http://www.unesco.cl/ing/atematica/educientyamb/docdig/index.act?menu=/ing/atematica/educientyamb/>
- [4] Rivarosa, A. (2006). Alfabetización científica y construcción de ciudadanía: retos y dilemas para la enseñanza de las ciencias.  
<http://www.unesco.cl/ing/atematica/educientyamb/docdig/index.act?menu=/ing/atematica/educientyamb/>
- [5] Organización de Estado Iberoamericanos (2007). Boletín N° 19 - 28 de marzo.  
<http://www.oei.es/decada/boletin019.htm>
- [6] Caamaño, A. (2005). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. *Alambique* 3, 1995, 4-6.
- [7] Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.
- [8] Galagovsky, L. (2004). Documento Final sobre Situación y Perspectivas para la Enseñanza de la Química y de las Ciencias Naturales. Dirección General de Cultura y Educación, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.
- [9] Galagovsky L.; Castro, M.; Colotta, J.; Cutrera, G.; De Fago, A.; Diez, M.; Etchart, S.; Giménez, M.; Gómez, M.; Liloff, G.; Manavella, A.; Moreno, R.; Scandrolí, N.; Scarpello, E.; Pérez, M.; Vargas, L.; Venafri, A.; Zanassi, G. (2004).  
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 Cs. 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. *Jornadas "Situación y Perspectivas para la Enseñanza de la Química y de las Ciencias Naturales"*. Dirección General de Cultura y Educación, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.
- [10] Testa, J. y Fígari, C. (2005). Cambios tecnológicos y transformaciones de los perfiles de los Técnicos Químicos. Saberes académicos, intervenciones técnicas de la profesionalidad: un campo de problematización. Volumen 3. CEIL-PIETTE, CONICET.
- [11] Galagovsky, L y otros. (2006). *Jornadas Proyecto Integral Fortalecimiento de los procesos de enseñanza. Subproyecto: Fortalecimiento de la educación técnica en el marco de la educación para el trabajo y la producción*. Dirección General de Cultura y Educación-RFFDC-U.E.P, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.
- [12] Bovero, A. (2007). Modelo de ciencia y de sujeto pedagógico en la enseñanza de biología: estudio comparativo de textos pre y post reforma (1988-90 y 1993-2004). Tesis de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias, Universidad Nacional de General San Martín, Argentina.
- [13] Lyotard, J-F. (1993). *The Postmodern Condition: A Report on Knowledge*. (Translation from the French by Geoff Bennington and Brian Massumi). Minneapolis: University of Minnesota Press. *Poiesis. revista de Filosofía*.  
<http://www.geocities.com/fdomauricio/lyotard1.htm>
- [14] Gardner, H. (2000). La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas. Paidós, España.
- [15] Editorial (2006). *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (3).
- [16] Tyack, D. y Cuban, L. (1995). *Tinkering toward utopia: A century of public school reform*. Harvard University press, Cambridge, MA.
- [17] Smith, L. y Southerland, S. (2007). Reforming Practice or Modifying Reforms?: Elementary Teachers Response to the Tools of Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(3), 396-423.
- [18] Laplante, B. (1997). Teachers' beliefs and instructional strategies in science; Pushing analysis further. *Science Education*, 81, 277-294.
- [19] Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Reviews*, 15, 147-179.



- [20] Wobbe De Vos, A. y Pilot A. (2002). *Chemical Education: Towards Research – bases Practice*. Gilbert KJ, De Jong, O, Justi R, Treagust DF y Van Drien JH editores. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands
- [21] Lydia Galagovsky. ¿Por qué es difícil aprender Química en la escuela? Taller . *Semana de la Química*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, 13 al 15 de Agosto de 2003.
- [22] Acevedo, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16. <http://apac-eureka-org/revista>
- [23] Acevedo-Díaz, J.; Vázquez-Alonso, A.; Manassero-Mas, M. y Acevedo-Romero, P. (2007). consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 4(2), pp. 202-225
- [24] Gil-Pérez, D.; Vilches, A.; Fernández, I; Cachapuz, A.; Praia, J.; Valdés, P.; Salinas, J. (2005). Technology as 'Applied Science': a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education* , 14:309–320
- [25] Lopez Arriazu, F.; Soba, A. (2007). ¿Cuál es la importancia de conocer la historia de la enseñanza de las ciencias naturales para la formación y práctica docente?, en ¿Qué es lo "natural" en las Ciencias Naturales?, colección *Las Ciencias Naturales y su Enseñanza*, Editorial Biblos, Buenos Aires; en prensa.
- [26] Níaz, M. (2004). How to facilitate students' conceptual understanding of Chemistry? A History and Philosophy of science perspective. *18th International Conference on Chemical Education*, Estambul, Turquía.
- [27] Klimovsky, G. y Boido, G. (2007). ¿Tine problemas filosóficos la ciencia? *Revista Exactamente*, FCEN-UBA. 12 (36), pág. 43.
- [28] Nakhleh, M.; Polles, J. y Malina, E. (2002). Learning Chemistry in a laboratory Environment; en *Chemical Education: Towards Research-based Practice*; Gilbert JK; De Jong, O; Justi, R; Treagust, DF and Van Driel, JH editores; Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- [29] Kirschner, P. y Meesterm, M. (1988). The laboratory in higher Science Education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17, 99-119.
- [30] Hofstein, A. y Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twentyfirst century. *Science Education*, 88, 25-54.
- [31] Pozo, J. y Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- [32] Driver, R.; Guesne, E. y Thiberghien, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata, España.
- [33] Llorens Molina, J. (1991). *Comenzando a aprender química : ideas para el desarrollo curricular*. Visor, Madrid.
- [34] Talanquer, V (2006). Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83 (5), pp 811-816
- [35] Bennett, J. y Holman J. (2002). Context-based approach to the teaching of chemistry are they and what are their effects?, en *Chemical Education: Towards Research-based Practice*; Gilbert JK; De Jong, O; Justi, R; Treagust, DF and Van Driel, JH editores; Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- [36] Bekerman, D. y Galagovsky, L. (2005). Utilización de un análogo concreto como detector de representaciones mentales idiosincrásicas sobre el tema Soluciones. *VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*, Granada, España.
- [37] Bekerman, D. (2007). La utilización de la imagen como instrumento de enseñanza y aprendizaje de la Química Orgánica. Tesis Doctoral, Departamento de Química Orgánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.
- [38] Galagovsky, L. (2006). ¡Me la llevo a Marzo, estudio 15 días y chau química!!; ¡Nunca más! Conferencia en *Semana de la Química*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- [39] Galagovsky, L. (2004a). Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte 1: el modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2) 230-240, 2004, ICE, Barcelona, España.
- [40] Galagovsky, L. (2004b). Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte 2: derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), 349-364, ICE, Barcelona, España.
- [41] Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.

- [42] Johnstone, A. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom what They Seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, pp 75-83.
- [43] Banilower, E.; Heck, D. and Weiss, I. (2007). Can Professional development make the vision of the Standards a reality? The impact of the national Science Foundation's Local Systemic Change through teacher enhancement initiative. *J. Res. Sci. Teaching*, 44(3), 375-395.
- [44] Calderón, M. y otros (2007). Educación Superior y cambio de paradigma: del mito a la ciencia. *Revista Exactamente*, FCEN-UBA. 12 (36), pág. 35.
- [45] Martínez Riachi, S y Freitas, M.A. (2006). Física y Química aplicadas a la Informática. Editorial Thomson, Buenos Aires, Argentina.
- [46] Cutrera, G. (2007). Teorías científicas: ¿son o interpretan el mundo real?, en ¿Qué es lo "natural" en las ciencias naturales?, colección *Las Ciencias Naturales y su Enseñanza*, Editorial Biblos, Buenos Aires; en prensa.
- [47] Schnek, A. (2007). ¿Qué aporta la historia de las ciencias a la enseñanza de las ciencias naturales?, en ¿Qué es lo "natural" en las Ciencias Naturales?, colección *Las Ciencias Naturales y su Enseñanza*, Editorial Biblos, Buenos Aires; en prensa.
- [48] Drewes, A. (2007). ¿Cómo han surgido las teorías que enseñamos en Ciencias Naturales?, en ¿Qué es lo "natural" en las Ciencias Naturales?, colección *Las Ciencias Naturales y su Enseñanza*, Editorial Biblos, Buenos Aires; en prensa.
- [49] Mayer, R. (1985). El futuro de la psicología cognitiva. Alianza, Madrid.
- [50] Donati, E. y Andrade Gamboa, J. (2007). ¿Qué queremos que sepan sobre Química los alumnos que ingresan a la Universidad? *Revista Química Viva*, mayo.



Revista **QuímicaViva**  
Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)



## LA FORMACION PEDAGOGICA DE LOS PROFESORES DE CIENCIAS EN LA UNIVERSIDAD: CUESTIONES PENDIENTES DE AGENDA

Drewes, A.M.

Doctor en Química (Universidad Autónoma de Barcelona, España). Profesor Titular, Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Humanidades. Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias y Centro de Didácticas Específicas. Martín de Irigoyen 3100 (1650) San Martín, PBA.

[drewes@arnet.com.ar](mailto:drewes@arnet.com.ar)

### Planteamiento del problema

La revisión de la literatura en torno al problema de la formación pedagógica de los profesores de ciencias en el nivel de educación universitario, muestra por una parte que la investigación sistemática acerca de esta cuestión de agenda educativa es relativamente reciente y no abundante, no superando con mucho las dos décadas; y por otra, que las orientaciones de los trabajos de la última década (1-2) reconocen un eje vertebrador en la necesidad de revisión de las preconcepciones usuales de los profesores de ciencias, desde su etapa inicial, acerca de la naturaleza de la ciencia y la Metodología de Investigación Científica (MIC).

Desde la caracterización de los patrones conceptuales y representaciones docentes de nivel terciario y universitario en torno a la naturaleza de la ciencia, a la ciencia profesional y a la ciencia enseñada y las limitaciones y distorsiones que con frecuencia son trasladadas a las prácticas de enseñanza de ciencias, tanto en la Universidad como en el nivel de educación medio (3-4), se plantea la necesidad de tomar decisiones curriculares, en cuanto a los requisitos pedagógicos que deben acompañar a los antecedentes específicamente de formación académica, para los espacios e interacciones educativos en las Facultades de Ciencias.

Esto implica sentar acuerdos que involucren a especialistas de las Facultades de Ciencias y a actores educativos especializados en contenidos pedagógicos -por ejemplo profesores e investigadores en carreras de formación de profesores de ciencias-, a fin de actualizar y optimizar los requisitos a fijar para los docentes universitarios de ciencias, tanto en los ciclos de grado como en los cursos de ingreso y el CBC.

La persistencia del llamado adidactismo en las Facultades de Ciencias en nuestro país depende de una serie compleja de factores, de los cuales podemos destacar aquí como prioritarios los siguientes:

- a) La vigencia de la llamada tradición académica (5), asociada con concepciones míticas sobre la ciencia y su (supuesto) estatuto de conocimiento infalible y de un orden metodológico superior al de otras disciplinas en la enseñanza de ciencias, resultado de herencia histórica del positivismo en el sistema de formación de profesores en las Universidades desde fines del siglo XIX.

- b) La persistencia en el nivel educativo terciario y superior de posturas epistemológicas marginales, vinculadas a procesos de ciencia sin sujeto, como la de M. Bunge (6); y de prácticas de enseñanza centradas en contenidos científicos sin planificaciones didácticas fundamentadas en teorías de aprendizaje específicas.
- c) Predominio en el mercado editorial de libros de texto de ciencias para el nivel universitarios con características muy afines a las denominadas por Kuhn (7) *historias ejemplares*, o bien directamente descontextualizados y ahistóricos.
- d) Desconexiones considerables entre la escuela media y sus problemáticas y las Universidades, en especial en relación con articulaciones y orientaciones de contenidos entre ciclos de ingreso universitarios y contenidos terminales de ciclos preuniversitarios (caso Polimodal)

### Algunos antecedentes en la propuesta de soluciones

Cáceres Mesa y col. (2003) (2), recogen algunos de los antecedentes recientes en torno a la preocupación de la comunidad educativa y de agencias internacionales por la resolución del problema planteado. Por ejemplo, en la Conferencia mundial sobre la Educación Superior de la UNESCO, se aprobaron documentos que insisten en la necesidad de la educación permanente del profesorado universitario y su formación pedagógica. En uno de esos documentos (8) se especifica: "Un elemento esencial para las instituciones de enseñanza superior es una enérgica política de formación del personal. Se deberían establecer directrices claras sobre los docentes de la educación superior, que deberían ocuparse sobre todo, hoy en día, de enseñar a su alumnos a aprender y a tomar iniciativas, y no a ser, únicamente, pozos de ciencia. Deberían tomarse medidas adecuadas en materia de investigación, así como de **actualización y mejora de sus competencias pedagógicas mediante programas adecuados de formación del personal**<sup>1</sup>, que estimulen la innovación permanente de los planes de estudio y los métodos de enseñanza aprendizaje, y que aseguren condiciones profesionales y financieras apropiadas a los docentes a fin de garantizar la excelencia de la investigación y la enseñanza".

Otros antecedentes sobre preconcepciones acerca de la naturaleza de la ciencia en los profesores de educación superior, están recopilados en un artículo de Acevedo Díaz y Acevedo Romero (2001) (1); y en un informe de Abal y col. (1999) (9), sobre Facultades de Ciencias en la Argentina y la puesta a punto desde 1988 de una Carrera Docente orientada a la articulación e integración de contenidos disciplinares y pedagógicos en la Facultad de Veterinaria de la UBA. En uno de los párrafos centrales de este informe se destaca que:

"En la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA se realiza desde 1988 un Programa de posgrado denominado Carrera Docente y que actualmente ha sido recalificado como Especialidad en Docencia Universitaria, con orientación en Ciencias Veterinarias y Biológicas. Este Programa intenta articular la actualización científica con la formación pedagógica, en el convencimiento de que dicha vinculación contribuye a la construcción de un rol docente capaz de mejorar la calidad educativa y aportar a la transformación institucional. Sobre el total de docentes de la Facultad han ingresado al Programa 438; han egresado 200 y han abandonado 39."

De las conclusiones de este trabajo, que puede tomarse como estudio de caso, y de los resultados informados sobre el Programa de Formación de Profesores desarrollado desde 1988, involucrando al 74% de la planta docente de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA, podemos extraer una propuesta preliminar para el desarrollo de otros programas o carreras docentes, con las siguientes características:

- a) Desarrollo previsto en el marco de programas de formación de posgrado con reconocimiento dentro de la organización curricular de la Facultad
- b) De características tutoriales, operando desde el trabajo de parejas didácticas, integrada por un especialista en Pedagogía y/o en la Didáctica específica y por el profesor o auxiliar docente.

- c) Orientación preferente, al menos en la primera etapa fuertemente sobre los auxiliares docentes, por el hecho reconocido en literatura acerca de la mayor apertura al cambio de los docentes en su etapa de práctica inicial; y sobre todo por el hecho de su mayor contacto personal (en horas/cátedra) con los alumnos.
- d) Homologación de los cursos de posgrado citados como requisitos a incluir y valorar con puntajes específicos dentro de las convocatorias a concursos docentes.

## Conclusiones

1. De la revisión de literatura sobre el tema, tanto europea como del ámbito latinoamericano, se detecta una toma de conciencia relativamente reciente acerca del problema de formación pedagógica de los docentes universitarios, destacando los aportes de las reuniones internacionales de la UNESCO destinadas a la educación superior desde los años 90.
2. Existen desarrollos sumamente valiosos como el de Abal y col. (1999), a nuestro criterio aplicables como estudios de caso modelo, en términos de la implementación de posgrados de formación pedagógica en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA, con alta participación y valoración por parte de la planta docente.
3. Dentro de la oferta de contenidos de dichos cursos, se sugiere la organización sobre dos ejes: a. aspectos metodológicos de la enseñanza de ciencias en el nivel de educación superior (MIC en sentido epistemológico amplio) b. Naturaleza de la ciencia

Nota 1

La negrita es nuestra

## Referencias

- (1) Acevedo Díaz, J. A., Acevedo Romero, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación universitaria. OEI- Revista Iberoamericana de Educación, [www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF](http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF)
- (2) Cáceres Mesa, M. y col. (2002). La formación pedagógica de los profesores universitarios. Una propuesta en el proceso de profesionalización del docente. OEI- Revista Iberoamericana de Educación, [www.rieoei.org/deloslectores/475Caceres.pdf](http://www.rieoei.org/deloslectores/475Caceres.pdf).
- (3) Iuliani, L., Drewes, A. M. (2002). La formación de los profesores de ciencias en Argentina: una visión superadora a partir de la incorporación de metodologías en contexto CTS. Las prácticas de los profesores de Química de nivel medio, sus concepciones de ciencia y su impacto en la enseñanza de la disciplina. *Actas del II Seminario Ibérico sobre Ciencia – Tecnología - Sociedad*. Universidad de Valladolid, España, julio 1 - 3 de 2002 y Portal Educativo CTERA, [www.ctera.sitiodocente.org](http://www.ctera.sitiodocente.org)
- (4) Drewes, A., Iuliani, L. (2007). QUÍMICA SALTERS. Unidades didácticas Ciencia-Tecnología-Sociedad. Nivel Polimodal. Edición adaptada de la versión española del texto español "Química Salters para Bachillerato (17-18 años)". UNSAM, Dirección de Documentación y Publicaciones (en prensa) y University of York, Science Education Group. Ministerio de Educación de la República Argentina (2001), sitio "Calidad" del Programa de Promoción de la Calidad de la Educación Superior, Capacitación Docente para el Fortalecimiento de Disciplinas Núcleo en las Universidades Nacionales. Convocatoria Piloto junio 2000. Proyecto: Química, Física y Medio Ambiente: un Proyecto basado en el enfoque CTS para la Formación del Profesorado de Química en el Nivel de Educación Superior, [www.ses.me.gov.ar](http://www.ses.me.gov.ar)

- (5) Davini, M. C. (1995). La formación docente en cuestión: política y pedagogía. Buenos Aires, Paidós.
- (6) Bunge, M. (1980). Epistemología. Buenos Aires, Siglo XXI Editores.
- (7) Kuhn, T. S. (1962). The Structure of Scientific Revolutions. Chicago, University of Chicago Press
- (8) UNESCO (1998). Conferencia mundial sobre la educación superior. La educación superior en el XXI: visión y acción. Bruselas. UE.
- (9) Abal., I. y col. (1998). Experiencia de una década en la formación docente universitaria. Comisión de Carrera Docente. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires,  
[www.ub.es/forum/Conferencias/argent.htm](http://www.ub.es/forum/Conferencias/argent.htm)



Revista **QuímicaViva**  
Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)

## ¿Por qué los estudiantes de secundaria no eligen química como carrera universitaria y qué podría hacerse desde la universidad?

Silvia Porro\* – Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Provincia de Buenos Aires. Argentina.

[sporro@unq.edu.ar](mailto:sporro@unq.edu.ar)

Creo que la primera pregunta que nos formulamos ha recibido respuestas como resultado de investigaciones hechas en nuestro país y en el exterior, ya que éste es un problema que aqueja también a los países desarrollados. Para el nivel educativo secundario se ha elaborado un cuerpo de conocimientos teóricos (Fraser y Tobin, 1998) y parte de sus aportaciones se revelan fructíferas, y potencialmente transferibles al nivel universitario, para orientar la detección de problemas educativos y la construcción de hipótesis fundamentadas explicativas de los mismos, así como posibles vías de superación.

La Asociación Nacional de Químicos Españoles (Comisión de Educación ANQUE, 2005) asigna la responsabilidad a los legisladores educativos quienes deben proporcionar un currículo que responda a la necesidad de preparar al alumnado para su adecuada inserción en la sociedad, distribuyendo las horas escolares entre las diversas materias que lo componen dotándolas de los contenidos más adecuados a la edad.

Podemos detenernos en dos de las palabras del párrafo anterior: *responsabilidad* y *contenidos*. Es probable que parte de la responsabilidad del desinterés de los adolescentes por la ciencia se deba a los cambios en la escuela media, que han sido decididos por las autoridades gubernamentales y que han minimizado la presencia de las ciencias exactas y naturales en el currículo. Pero la responsabilidad es compartida también por nosotros, los químicos, y por lo tanto está muy bien que nos preguntemos qué podríamos hacer desde la universidad.

En principio creo que deberíamos incentivar la *investigación educativa en Enseñanza de las Ciencias*. Esto obviamente no se limita a la Química; es muy interesante leer el artículo de Guisasola y col. (2004) quienes analizan cómo puede ayudar la investigación en enseñanza de la Física a mejorar su docencia. Para responder preguntas los científicos investigamos, planteamos hipótesis, recolectamos datos, los analizamos, enunciamos conclusiones, en algunos casos elaboramos teorías y todo eso nos permite resolver problemas. Si los estudiantes que eligen química como carrera universitaria son cada vez menos, y este problema nos afecta, ¿no deberíamos involucrarnos nosotros en su resolución? Para ello, debemos articular acciones con la escuela media, involucrar a los profesores de escuela media en nuestras investigaciones, entrar a las aulas, investigar lo que se hace en ellas, proponer soluciones.

Lamentablemente todavía hay químicos que creen que este tipo de investigaciones no las tienen que hacer químicos, sino "otros"; y no se valoran las investigaciones en enseñanza y aprendizaje de la química hechas por químicos.<sup>1</sup>

Con respecto a los *contenidos*, hace tiempo que se proponen nuevos contenidos, que se refieren no sólo a los conceptos, sino también a los procedimientos y actitudes. Según Chamizo e Izquierdo (2007) hay que escoger, de entre la enorme cantidad de información generada, aquella que permita desarrollar las *competencias* requeridas en un mundo cada vez más cambiante y que, por ello, preparen mejor para un futuro que no está predeterminado. Garritz Ruiz (2001) opina que hay que estimular las habilidades que son necesarias para el aprendizaje permanente. Se pretende que el estudiante desarrolle las habilidades, actitudes y valores que le permitan adquirir, organizar y aplicar sus conocimientos en la vida cotidiana y en su comunidad.

La cuestión es entonces ayudar a los profesores de la escuela secundaria a cambiar la forma de enseñar química, para que se transforme en una asignatura que despierte el interés y la curiosidad en los alumnos. Para nosotros ha sido una experiencia positiva desarrollar Proyectos de Articulación con la Escuela Media y, al llevarlos a cabo, investigar sobre los

mismos. Como resultado de ese tipo de proyectos, financiados por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación hemos trabajado junto con los docentes de escuela secundaria no sólo aspectos referidos específicamente a la enseñanza de la Química, sino además los hemos ayudado a que utilicen las Nuevas Tecnologías buscando trascender la mera transmisión técnica y procedimental, incorporando y promoviendo a la vez la reflexión crítica sobre el uso y la incorporación social de las mismas (Baumann y col., 2006).

Otra razón de la crisis de vocaciones científicas en el mundo occidental podría ser la imagen que los medios de comunicación (cine, prensa y televisión) dan sobre la ciencia y los científicos. Elías Pérez (2006) señala que los medios de comunicación ofrecen un enfoque negativo del mundo científico: "...tanto desde el punto de vista de la imagen, sobre todo el cine y la televisión, como de las salidas profesionales (básicamente la prensa). Obviamente los medios no son determinantes a la hora de elegir las opciones profesionales, pero todos los estudios que enmarcan la teoría de la comunicación indican que son grandes condicionantes de actitudes. Tal vez esta crisis de vocaciones se deba a un efecto conjunto de disminución del impacto cultural de la ciencia. También podemos concluir que existe una relación entre elegir ciencias en la universidad y lo que se lee de la profesión en la ciencia".

Entonces otra posibilidad que tenemos desde la Universidad es involucrarnos en la divulgación científica<sup>2</sup>.

En resumen, creo que para poder atraer más alumnos a las carreras relacionadas con la Química, debemos jerarquizar la investigación en didácticas de las ciencias, articular con la escuela media desarrollando proyectos conjuntos e involucrarnos en la divulgación científica.

#### Nota 1

Hace dos años un Licenciado en Química dirigido por mí, se inscribió en el Doctorado de la UNQ, con un plan de tesis doctoral en el tema "Formación permanente de profesores de Química: tensiones y dificultades en la reflexión sobre la práctica pedagógica". Al ser una investigación interdisciplinaria y novedosa la Comisión de Doctorado me llamó para hacerme algunas preguntas. A pesar de mis respuestas sosteniendo la necesidad de que este tipo de investigaciones hechas y dirigidas por químicos sean consideradas valiosas dentro del área de la química, la Comisión destinó el trabajo a lograr una mención Ciencias Sociales del Doctorado de la UNQ; no fue aceptado en la mención Ciencias Básicas y Aplicadas.

#### Nota 2

Nuestro grupo acaba de presentar dos proyectos a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, uno denominado "Cine y Ciencia" y el otro "Revista de Divulgación Científica", ambos dirigidos a mejorar la alfabetización científica de nuestra población.

\*Profesora Titular del Área Química. Directora de Proyecto de investigación en Enseñanza de la Química. Presidenta de la Comisión de Extensión Universitaria del Consejo Superior.

### Referencias bibliográficas

- Baumann, P., Tessio, N. M., Rembado, F. M. y Porro, S. (2006). La formulación de un proyecto de integración de TICs en la formación de formadores. Hacia la hiperlectura en la acción docente. *IEComunicaciones, Revista Iberoamericana de Informática Educativa*. 4, 21 – 32.
- Chamizo, J. A. e Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique*. 51, 9 – 19.
- Comisión de Educación ANQUE. (2005). La enseñanza de la Física y de la Química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2, 101 -106.
- Elías Pérez, C. (2006). Influencia de los medios de comunicación en la elección ciencias – letras en bachillerato y universidad. El caso español: análisis del período 1988 – 2001. *Estudios sobre el mensaje periodístico*. 12, 253 – 274.
- Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (editors). (1998) *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, London.
- Garritz Ruiz, A. La educación de la Química en México en el siglo XX. (2001). *Journal of the Mexican Chemical Society*. 45, 109 – 114.



- Guisasola, J., Gras-Mart, A.; Martínez-Torregrosa, J.; Almudí, J. M y Becerra Labra, C. (2004). ¿Puede ayudar la investigación en enseñanza de la Física a mejorar su docencia en la universidad? *Rev. Bras. Ens. Fis.* 26, 197-202 .



Revista **QuímicaViva**  
Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007  
[quimicaviva@qb.fcen.uba.ar](mailto:quimicaviva@qb.fcen.uba.ar)

## ¿Qué queremos que sepan sobre Química los alumnos que ingresan a la Universidad?

Edgardo Rubén Donati<sup>1</sup> y Julio Andrade Gamboa<sup>2</sup>

[donati@quimica.unlp.edu.ar](mailto:donati@quimica.unlp.edu.ar)

<sup>1</sup>: CINDEFI (UNLP-CONICET), Facultad de Ciencias Exactas,

Universidad Nacional de La Plata, 47 y 115, (1900) La Plata. Argentina

<sup>2</sup>: Centro Regional Universitario Bariloche (UN del Comahue) y Centro Atómico Bariloche (CNEA), Av. Bustillo km 9,500, (8400) San Carlos de Bariloche. Río Negro. Argentina.

La pregunta que hace las veces de título de este trabajo tiene presencia asegurada no sólo en las materias de química de los cursos de la educación de nivel medio, sino también en los cursos nivelatorios previos al ingreso a la Universidad y en los cursos básicos de química a nivel universitario. La respuesta a dicho interrogante por parte de la mayoría de nuestros colegas universitarios, seguramente coincide con la opinión generalizada entre los profesores que enseñan química en la educación de nivel medio, y que podría sintetizarse en la frase: *“la mayor cantidad posible de temas”*. En particular, nuestro interrogante se origina en las serias y profundas dudas que presentan los ingresantes universitarios sobre temas como formulación y nomenclatura, o cantidades químicas, los que constituyen el lenguaje básico y la columna vertebral sobre la cual se construyen el resto de los conceptos. Estas dudas que suelen perdurar en los alumnos mucho más allá de los primeros pasos universitarios, generan en muchos docentes universitarios la certeza de que *“el problema es anterior y se origina por la insuficiente base conceptual adquirida por los alumnos en el ciclo medio”*. Esta certeza se transmite hacia el nivel medio como una especie de mandato implícito, provocando en sus docentes una fuerte presión para redoblar esfuerzos en impartir un amplio espectro temático a sus alumnos con el noble propósito de garantizarles su tránsito hacia el nivel universitario. Más aún, la insuficiente preparación previa suele ser, a modo de justificación, el comentario obligado de los alumnos universitarios frente a sus primeros fracasos.

Nuestra experiencia como docentes de cursos de ingreso y de cursos universitarios básicos de química nos hace disentir al menos parcialmente con esas afirmaciones y trataremos de reflejar en este trabajo nuestros acuerdos y diferencias, al menos, como una de las posibles guías para la necesaria reflexión sobre el tema. Tal vez convenga aclarar en este punto, que los fracasos de los alumnos a nivel universitario se deben a una enorme cantidad de factores, que incluyen motivaciones sociales, estrategias de la política universitaria, organización de los cursos, contenidos de los programas, objetivos implícitos y explícitos de las materias y de la carrera, cuestiones metodológicas de cada materia, características profesionales y personales de los docentes, entre otros variados aspectos. Sin embargo, nos referiremos en este artículo exclusivamente a la influencia de la *“historia previa”* del estudiante.

Resulta claro que si los alumnos que entran a la Universidad tuvieran una preparación homogénea en conceptos básicos de la química, los cursos universitarios simplemente podrían comenzar a partir de ellos sin necesidad de “repetirlos”. No obstante, nuestra realidad muestra que en las carreras afines a la química, los cursos básicos (incluyendo el apéndice previo que constituyen los cursos nivelatorios o de ingreso) comienzan siempre desde “cero”. La explicación a esto podría ser precisamente la supuesta necesidad de “nivelar” debido a la muy diferente procedencia de los alumnos y, consecuentemente, la disímil preparación previa. Nuestra experiencia de muchos años muestra que las dudas y los gruesos errores se detectan en forma casi independiente del colegio de origen y de las características de los cursos y de los temas que han visto previamente; por supuesto, existen honrosísimas excepciones aunque muchas de ellas están más vinculadas con las capacidades propias de los individuos que con los colegios a los que asistieron. No debe interpretarse esto como un cuestionamiento a la calidad de estos últimos ni a la de sus profesores (más allá de que claramente existen fuertes heterogeneidades que inevitablemente influyen en los alumnos) ya que, aun aquellos alumnos para los cuales el curso nivelatorio o las primeras clases de los cursos básicos de química son esencialmente una repetición, *suelen cometer el mismo tipo de errores que frecuentemente se asocian a los alumnos que no han visto previamente los correspondientes temas*. Este aspecto es el punto de partida de las reflexiones del presente trabajo.

Nuestra intención en todo caso es mostrar que estos problemas tan frecuentes tienen causas muy complejas y variadas y que no pueden atribuirse simplemente a que los temas son nuevos. Esta última visión que vamos a denominar en tono doméstico “el síndrome del palote” implica que para aprender un nuevo concepto “A”, debimos necesariamente haber visto previamente el concepto “A”. Esto conduce a una regresión infinita que semeja a un callejón estrecho y sin salida: nunca podríamos avanzar más allá de los palotes escolares (a lo sumo los perfeccionaríamos en cada nuevo intento) los cuales habrían sido incorporados por un proceso diferente al de un aprendizaje. Es conveniente aclarar aquí en que esto no significa descartar la posibilidad de profundizar un tema a través de ciclos sucesivos, sino que se trata de discutir si es condición *sine qua non* haber visto un tema en la educación del ciclo medio para poder entenderlo en la universidad (a su vez, el síndrome del palote impediría desarrollar nuevos conceptos aun en la escuela). La realidad muestra que, independientemente de que hay un gran número de condicionantes que lo facilitarían, es indudable que cualquier individuo es capaz de aprehender nuevos conceptos. Pero el hecho frecuentemente observado de que muchos estudiantes presentan errores básicos aún muy avanzado el año, deja claro que el origen de los problemas no es precisamente haber o no desarrollado estos temas, en el nivel medio o en un ingreso.

Aun aceptando el hecho de que los esfuerzos de los profesores del ciclo medio para dar los temas que los alumnos “necesitan” para ingresar a la universidad mejorase los rendimientos universitarios, creemos que eso no es suficiente para dar sustento a que los programas de química se estructuren en base a dichos temas enarbolando aquel objetivo como el único y/o el más relevante. Un rápido vistazo a los programas que se desarrollan en ciertos cursos del ciclo medio muestra que, probablemente con la misma justificación, se han incluido temas que están completamente alejados del nivel cognitivo promedio de los estudiantes del ciclo medio por requerir, por ejemplo, de un fuerte grado de abstracción (orbitales, entropía, equilibrio químico, etc.). Teniendo presente que los contenidos básicos de la Ley Federal de Educación se definieron inicialmente de manera general para compatibilizar varios diseños curriculares, la existencia de estos programas responde más bien a una concepción de los docentes originada en la tradición previa a la Ley Federal, más que el resultado de una reformulación acorde a propuestas renovadoras.

Probablemente muchos de los lectores de este artículo imaginan, por la manera en que se ha llevado hasta ahora la discusión, que nuestra respuesta a la pregunta que es el título del presente trabajo, se sintetizaría en una simple (y escandalosa) frase: “**no queremos que sepan nada**”. Pero esta no es nuestra propuesta. A lo sumo, dicha extrema postura podríamos emplearla como una metáfora provocativa bien intencionada para generar una discusión para arribar a una solución que, creemos, no debe ir en contra de la idea, seguramente compartida por los defensores de la postura que hemos analizado en forma crítica, de que la formación científica no debe faltar de la enseñanza en el ciclo medio. Es necesario, y urgente, entonces, abrir el debate para una reflexión profunda sobre los contenidos y el sesgo metodológico que

deberían tener los mismos aprovechado la flexibilidad que permiten los contenidos conceptuales sugeridos por el Ministerio de Educación en la nueva ley –Ley Nacional de Educación, presentada en el Congreso Nacional a fines de noviembre de 2006 (1-3).

Nuestra contribución al debate en este artículo requiere en primer lugar justificar de manera más rigurosa nuestra negación del “síndrome del palote”. Dicho cuestionamiento podría interpretarse, a primera vista, como enfrentada con las teorías constructivistas del aprendizaje, en particular, con la del aprendizaje significativo. Sin embargo, veremos que no es así. El aprendizaje significativo (4) requiere de la intencionalidad del que aprende y depende de la estructura cognitiva que el estudiante posea que operará como inclusora de los nuevos conceptos. Está claro que para construir un concepto “A”, esta teoría no supone que lo que deba actuar como inclusor sea. . . el propio concepto “A”, sino otros elementos y/o conceptos que permitan construir en la estructura cognitiva del estudiante el concepto “A”.

Si se lo piensa a la inversa, los principios del aprendizaje significativo son suficientes como para rebatir teóricamente la necesidad de ver en la escuela antes lo que se va a ver en la universidad. Dicho de otro modo, la teoría de aprendizaje significativo permite negar el “síndrome del palote.” Y en cuanto a la intencionalidad del estudiante, también está claro que se logra a base de una actitud responsable que no necesariamente el alumno va a incorporar en la escuela por el mero hecho de emplear un diseño didáctico que sólo atienda al mejor o más apropiado conjunto de temas.

Entonces, y a la hora de pensar en la contribución de la enseñanza media para estudios posteriores, debemos considerar aún que el aprendizaje de un tema en la universidad exigirá algún requerimiento previo, pero no necesariamente el dictado de los mismos conceptos que se verán después. Discernir la naturaleza de esos requerimientos reformula el cuestionamiento que lleva el título de este trabajo y lo lleva hacia un ámbito de discusión más amplio, en el que los contenidos temáticos no son el eje excluyente de atención. De esta manera, la metáfora de *no enseñar nada de química* adquiere un significado más real al atenuar la posición contraria: *no es necesario dar muchos temas de química en la enseñanza media*.

Para caracterizar un poco más la problemática del estudiante universitario, bastan algunos ejemplos de errores comunes, que muestran que la clave no es la falta de *información* en química. Una gran dificultad es la herramienta matemática: aun en un pasaje de términos muy simple, muchos de nuestros estudiantes dudan sobre como debe pasar un término al otro miembro, dividiendo, multiplicando, por arriba, por abajo o tal vez por alguna tercera vía. Tampoco son infrecuentes los problemas con modelos, así más de un alumno alguna vez ha contestado luego de haberse discutido el modelo del gas ideal, que en el laboratorio no se trabaja con ellos porque son muy caros. Entre los errores en las actividades experimentales (que tal vez muchos llamarían de sentido común), no es infrecuente ver un alumno intentando pesar por ejemplo utilizando un embudo, o aquel que espera un cambio de color mientras hacen una titulación en presencia del indicador, pero éste “presente” afuera del medio de reacción dentro de su frasco dosificador.

No es poco frecuente, además, que ciertos errores conceptuales se manifiesten ya avanzado el curso, y que en línea con las apreciaciones que en este trabajo tratamos de presentar como equivocadas, son adjudicadas a la mayor jerarquía conceptual del tema del momento. Así por ejemplo, es común observar que ante el requerimiento de calcular las sustancias presentes luego de una dada reacción, el alumno sólo se restrinja a los productos sin tomar en cuenta excesos de reactivos, o que ante la consulta de cuál es el sentido de desplazamiento de un equilibrio químico ante un calentamiento, el alumno pida que se le aclare de cuál lado de la flecha se realiza el calentamiento. En estos casos, un intento de tipificación del problema debe tomar en cuenta que los errores pueden deberse a la falta de conceptos inclusores de menor jerarquía que deberían haberse construido con anterioridad garantía de lo cual no es haber dado estequiometría o equilibrio químico en la escuela media.

Los problemas observados son de responsabilidad compartida por todos los actores, aunque es justo destacar que los alumnos serían más bien el síntoma de la enfermedad que la

enfermedad misma (5-7). Es más, el propio docente universitario puede contribuir inintencionadamente de manera negativa al aprendizaje al prestar atención sólo a la punta del iceberg (6).

A través de los pocos ejemplos que hemos proporcionado, queremos evidenciar que el problema que el alumno promedio presenta en la universidad no es en absoluto la falta parcial o total de información, es decir, no es problema de algunas de las competencias más específicas, sino problemas de competencias más básicas de tipo formativas. Dentro de éstas, algunas son genéricas e incluyen la programación y el trabajo en grupo mientras que otras son específicas pero no necesariamente dentro de la disciplina, como podrían ser una competencia conceptual que le permita analizar, comprender y actuar sistemáticamente y la metodológica que le permita relacionar el procedimiento adecuado a las tareas, detectar regularidades o irregularidades y encontrar en forma independiente vías de solución. Concretamente, se detectan problemas que tienen que ver con un elevado grado de inmadurez y con la falta de independencia intelectual más que con la falta de algún conocimiento conceptual previo. En este momento, esperamos que resulte claro que creemos que en el nivel medio debería apuntarse más a estas cuestiones que a dar temas que de todos modos se volverán a ver desde cero. Para precisar estos aspectos complementarios a los que debería prestar atención la enseñanza media es necesario también atender a un contexto social/cultural más amplio.

Sin duda, el eje central de la reflexión que proponemos, y tal como mencionamos, no debe excluir ni entrar en conflicto con dos aspectos vinculados con la utilidad de la ciencia en la escuela: el *qué* y el *para qué*. Las visiones más actuales plantean un panorama complejo ya en cuanto al “para qué”, tal como resume el cuadro 1 (8,9).

El aspecto restante (el *qué*) está vinculado directamente a los contenidos. Es necesario aclarar que los contenidos no deberían quedar sólo restringidos a los temas (*contenidos conceptuales*), sino a los otros, *actitudinales* y *procedimentales*, que son esenciales en una educación integral. Estos precisamente han sido poco atendidos en la práctica, aunque abundan detalles sobre los mismos dentro de los objetivos del sistema educativo expresado a través de las leyes de educación. De aquí que, la fuerte naturaleza propedéutica del sistema educativo (primer aspecto del cuadro 1) se ha entendido sólo en términos de contenidos conceptuales, reflejado esto en espectaculares programas de asignaturas que tratan de mostrar cierto grado de excelencia más por lo que se impone que se va a dar, que por lo que realmente el estudiante puede aprender (o mejor aún, necesita aprender). Los programas de las asignaturas de la enseñanza media ponen inútilmente la intencionalidad propedéutica de las temáticas en relación a la universidad, mientras que pueden llegar a descuidar los aspectos propedéuticos de los contenidos conceptuales dentro del propio nivel educativo. También esto ha sido un fuerte impulso para que las preocupaciones de docentes de diferentes niveles se centren sólo en los contenidos conceptuales y bajo la modalidad “a pedido del nivel subsiguiente”. Del mismo modo, estas intenciones se manifiestan claramente durante cursos de actualización y perfeccionamiento docente y en el ámbito de proyectos de articulación entre niveles medio y universitario.

**Cuadro 1: ¿PARA QUÉ ENSEÑAR CIENCIA EN LA ESCUELA?**

RELEVANCIA	CARACTERÍSTICAS
Ciencia para proseguir estudios científicos posteriores	Visión propedéutica de la enseñanza.
Ciencia funcional para trabajar en las empresas	Adquisición de aptitudes para desempeñar funciones.
Ciencia para seducir al alumnado	Habitual en cierta divulgación científica. Visión espectacular sensacionalista, que puede dar una imagen falsa y estereotipada de la C y la T.
Ciencia útil para la vida cotidiana	Contenidos transversales (salud, seguridad, educación vial, educación sexual), resultado de la interacción entre especialistas y ciudadanos
Ciencia para satisfacer curiosidades personales	De acuerdo al gusto. Muy variable según culturas, países, regiones.
Ciencia como cultura	Contenidos globales, no necesariamente disciplinares. Puede incluir casos anteriores. Va más allá de la cultura popular.
Ciencia para tomar decisiones en los asuntos públicos tecnocientíficos	Ejercicio ciudadano en una sociedad democrática. Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS).

Durante la presente discusión hemos restringido nuestra atención a la población de estudiantes que egresan de la enseñanza media y que luego ingresan a la universidad en carreras centralizadas en la química y, en alguna menor medida, también para los alumnos de las carreras de correlación. Podría parecer que las competencias que deberían garantizarse en las materias de ciencias en el ciclo medio y, en particular en la química, no deberían ser la mismas para todos los alumnos: quizás los que vayan a seguir carreras vinculadas con la química necesitarían algunas mucho más específicas mientras que los que no lo hagan deberían recibir otras competencias mucho más generales. No siempre es posible separar a los alumnos en diferentes áreas durante el ciclo medio (o parte de él) de acuerdo a sus intenciones para la continuidad de sus estudios; más aún, probablemente esta separación no sea conveniente si implicara que aquellos que elijan una especialidad determinada (humanística, científica, etc.) dejarán de recibir siquiera una formación mínima en las otras disciplinas. Por otro lado, tenemos que considerar que probablemente menos de 1 % de los alumnos que comiencen el ciclo medio de la enseñanza finalmente ingresa a una carrera universitaria de estas características. Por lo tanto, la preocupación de una supuesta enseñanza media especializada para estos alumnos no puede tener mayor relevancia en un contexto en el que se debe atender a las necesidades de la mayoría. Afortunadamente, pensamos que, en virtud de lo expuesto, no habría necesidad de atender de manera especial a los futuros estudiantes universitarios de ciencias y que es posible pensar en una educación común con competencias únicas. Dentro de esta concepción, el ciclo medio debería proporcionar una suerte de *alfabetización* en ciencias que fuera **funcional** tanto para aquellos que sigan carreras vinculadas con la química como para aquellos que no lo hagan. La ausencia de contenidos que son específicos para cursos universitarios de química, no será problema en absoluto para los primeros ya que de todos modos los temas comenzarán de cero. Tampoco será problema para los otros ya que los contenidos específicos tienen poca o nula posibilidad de ser útiles en la vida cotidiana de los “no científicos”, por lo que impartirlos puede provocar un rechazo y una visión antipática de la ciencia. Si se cometiese el error de suponer que la alfabetización a la que nos referimos en el ámbito de las ciencias y en particular de la química, se circunscribe a la formulación y nomenclatura o las cantidades químicas (o quizás incluso a conceptos extremadamente abstractos como los orbitales incluyendo los moleculares o la teoría del complejo activado) como ocurre en muchos cursos, probablemente llegaríamos a la conclusión de que estos cursos no otorgan ningún tipo de competencias, mucho menos a aquellos estudiantes que no sigan una carrera universitaria relacionada con la química.

La característica “funcional” de las competencias que, creemos, deberían otorgar los cursos de química durante el ciclo medio, debería centrarse fundamentalmente en:

1. La motivación. Probablemente este es el factor más destacado teniendo en cuenta que el 99 % de los alumnos no se dedicará posteriormente a la ninguna actividad directamente vinculada a la química. Para ello es necesario mostrarla como ubicua en la vida cotidiana y no como un dislate intelectual de una elite. La enseñanza de herramientas y contenidos demasiado específicos generalmente es la principal barrera que impide salvar esta interpretación. En este sentido, no deberían dejarse de lado:
  - ø La historia para analizar retrospectivamente la importancia del desarrollo de ciertas cuestiones químicas y su incidencia social.
  - ø La realidad cotidiana que exija al menos un enfoque químico para su interpretación.
2. Las herramientas formativas que permitan enfrentar problemas y situaciones nuevas así como nuevos conceptos en la forma más abierta e independiente posible. Existe cierta incompatibilidad entre la currícula tradicional, o la organización interna de una disciplina como la nuestra y las competencias que pretendemos por lo que estas herramientas formativas deben surgir desde una concepción diferente que integre desde
  - ø Los últimos avances de la ciencia para saber la potencialidad y la incidencia de la ciencia en la vida cotidiana
  - ø Los primeros modelos y primeras leyes, en particular, desde el punto de vista del procedimiento y la metodología.

Actualmente nos encontramos trabajando sobre el segundo punto intentando encontrar ejemplos adecuados. En ese sentido, y sólo por dar un ejemplo, podría compatibilizarse ambas concepciones (últimos avances y primeros modelos y leyes) mostrando lo que puede observarse en un microscopio electrónico e intentando deducir a partir de estas imágenes conceptos vinculados con las leyes de la química, es decir invirtiendo de algún modo el camino histórico o científico. De este modo, quedaría evidente que el átomo es algo más que una hipótesis o una especulación a través del conocimiento de algunos alcances de la ciencia aunque la explicación profunda no se conozca (de modo semejante al uso que hacemos de muchos avances tecnológicos –celulares, autos, microondas- que nos permiten ser “funcionales” en la vida sin que tengamos idea de su funcionamiento o de los principios que lo sustentan) y podríamos ensayar en forma libre deducciones con fuerte sesgo científico sin que queden enmascarados o subordinados al conocimiento específico. Este ejemplo puede parecer desprendido de una metodología fuertemente extendida que es la supeditar la interpretación de todos los fenómenos a través de una visión molecular; no obstante, creemos oportuno mencionar que la interpretación molecular de fenómenos es una respuesta con cierto grado de sustento desde la psicología del aprendizaje y quizás desde la epistemología pero no es una respuesta a la pregunta planteada en el título de este trabajo ni ofrece una verdadera alternativa a la necesidad de competencias “funcionales” como la que se pretende sugerir en nuestra propuesta.

Finalmente, y en cuánto a qué contenidos conceptuales de química dar en el nivel medio, digamos que a lo único que hay que atender para responder a una formación integral de los alumnos, vayan o no a seguir una carrera científica, es que el contenido conceptual en sí debe tomarse más como un medio que como un fin en sí mismo. Más allá de los temas que se elijan, las estrategias didácticas que apunten a desarrollar en los estudiantes habilidades cognitivas básicas, capacidades de invención, descubrimiento, comunicación y reflexión metacognitiva, van a mostrarles aspectos de la naturaleza de la ciencia que son importantes en la construcción de capacidades actitudinales y procedimentales que, en definitiva, dan las herramientas tanto para la inserción responsable en la sociedad como par afrontar con idoneidad el inicio de una carrera científica.

## Conclusiones

Creemos que una educación en química con información menos específica, es decir, con menos lenguaje, tal vez menos cuantitativa, pero de mayor formación y fundamentalmente más funcional y motivadora para el alumno promedio, contribuiría no solamente a mejorar las capacidades del alumno que ingresa a las carreras específicas, sino también a dejar competencias científicas (y reducir de ese modo, la tendencia a la interpretación mágica o pasiva de muchos fenómenos cotidianos) en aquellos que no seguirán estudiando o que lo harán pero en áreas completamente alejadas de la química. Sin dudas, esto es un desafío para los profesores del ciclo medio, sustancialmente mayor y más complejo que el de impartir simplemente contenidos conceptuales. Esta escuela secundaria formativa, más los contenidos específicos y conceptuales directamente en los cursos de ingreso podría ser la combinación adecuada para aquellos que entren a carreras específicas.

## Referencias

1. <http://www.me.gov.ar/consejo/documentos/cbc/polimodal/cbcep/cienat.pdf>.
2. <http://www.me.gov.ar/consejo/documentos/cbc/egb/natural.pdf>.
3. [http://www.me.gov.ar/consejo/documentos/cbc/formacion\\_docente/naturales.pdf](http://www.me.gov.ar/consejo/documentos/cbc/formacion_docente/naturales.pdf)
4. Chrobak R. Metodologías para lograr aprendizaje significativo. Educo, 1998.
5. Mártire D. y Donati E. Desde las teorías implícitas a los errores en los cursos básicos de química. Anuario Latinoamericano de Educación Química **18**, 205, 2004.
6. Donati E., Andrade Gamboa J. and Mártire D. Misconceptions induced by chemistry teachers. Chem13 **241**, 20, 1995.
7. Andrade Gamboa J., Donati E. y Mártire D. Realidades, representaciones y desconceptos en la enseñanza de la química. Anuario Latinoamericano de Educación Química **7**, 95, 1994.
8. Acevedo Díaz J. A. Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias **1**, 3, 2004.
9. Acevedo Díaz J. A., Vázquez A., Martín M., Oliva J. M., Acevedo P., Paixão M. F. y Manassero M. A. Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias **2**, 121, 2005.



## Reflexiones sobre la enseñanza de la Química

Ing. Susana Martínez Riachi\*

Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Córdoba. Córdoba. Argentina.

[cristales.liquidados@gmail.com](mailto:cristales.liquidados@gmail.com)

[Versión para imprimir](#)

### **¿Cuáles son los motivos por los cuales las carreras relacionadas con Química no sean de elección más masiva?**

Desde mi experiencia de muchos años como docente de la asignatura Química en la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Córdoba, me caben algunas reflexiones, no instantáneas, sino muy analizadas y estudiadas.

Por un lado, el hecho de que sean pocos estudiantes los que continúan una carrera relacionada con la química puede tener varias respuestas, como por ejemplo, que muchos de ellos no saben la gran variedad de tareas diferentes que realizan los químicos, según la especialidad ejercida desde las distintas profesiones. Ellos sólo se imaginan al químico trabajando en un laboratorio con tubos de ensayo o como profesor de esa asignatura, lo que acota mucho la identificación de los estudiantes con su posible vocación hacia la química.

Una anécdota a compartir: en un trabajo de laboratorio para estudiantes de Química Virtual de Ingeniería en Sistemas de Información, UTN-FRC, en el que se trabajaba con 70 estudiantes, se les entregó una consigna problema y disponían de muchos elementos y algo de bibliografía sobre propiedades químicas de algunos componentes que formaban parte del material de la experiencia. La finalidad era que ellos encontraran una solución al problema con los elementos que había sobre la mesada, conociendo y utilizando las propiedades de la materia. Fue sorprendente el asombro que manifestaron frente a la situación en la que se encontraban: la profesora los condujo hasta los laboratorios, los separó en grupos y se retiró diciendo que volvería dentro de una hora, sin agregar ningún otro comentario. Ellos observaron todo lo colocado en las mesadas y concluyeron que esa actitud pasiva con la que habían arribado no era la conveniente para resolver el problema. A partir de ese momento, comenzaron a decidir cómo organizarse y trabajar. La conclusión de esa experiencia fue que esa solución sería el inicio de una idea a desarrollar para una innovación tecnológica, y luego de ella, analizar los pasos a seguir, tomando conciencia del tiempo, equipamiento y horas (o años) de trabajo que restaban para que esa idea proyecto se concretara en un objeto tecnológico. Quedaron sorprendidos frente a su ignorancia sobre las aplicaciones científicas derivadas de la química. Más aún, antes de ingresar al laboratorio algunos estudiantes expresaron “¡no nos va a hacer tocar tubitos de ensayo!, ¿no?”; aclaremos que ¡no estaba previsto el uso de ese “vil” elemento de laboratorio! Es decir, ¡a los estudiantes no se les ocurría ninguna idea sobre cómo aplicar la química para generar un dispositivo tecnológico que resolviera algún problema!

Por otro lado, pienso que es poco saludable que en todos los niveles se enseñe química con metodologías similares. Por ejemplo, los chicos estudian los tres estados de la materia de la misma forma en la primaria, en la secundaria y en la universidad: se describen cada uno de los estados de la materia mediante definiciones siempre idénticas y ejemplos típicos, sin hacer referencias a contextos específicos. De esta manera, son muy pocos los estudiantes que encuentran interés, motivación o utilidad para lo que ellos necesitan saber. Desde la primaria, e incluso en los primeros años de la universidad, no se abordan temas tales como emulsiones, plasma o los cristales líquidos que forman parte del léxico o de los objetos cotidianos.

Como resultado los estudiantes repiten memorísticamente --desde la primaria-- acerca de "los tres estados de la materia", y éstos les resultan tan poco significativos como hasta para escribir frases como "*los líquidos ocupan todo el volumen del que disponen*", etc.

Lo mismo ocurre con prácticamente todos los temas básicos de química que se enseñan de forma muy similar en los diversos niveles del sistema educativo y aún dentro del nivel universitario en carreras de Química y en carreras tipo Ingenierías Electrónica, Mecánica, en Sistemas de Información, etc.

Qué importante es que la enseñanza de química se realice mostrando cómo ésta modifica y mejora las condiciones de vida al ser aplicada en áreas tales como la salud, la alimentación, etc.

Encontrar algunas soluciones a estos problemas es de vital importancia para que la materia deje de ser estéril y así perder la oportunidad de hallar, quizás, mentes interesadas en la aplicación de esos conocimientos dentro de su profesión. Recordemos que Química es una disciplina que aporta bases para desarrollos en una infinidad de especialidades diferentes, frente a necesidades puntuales de los actores involucrados. En la universidad puede ser más fácil orientar la solución porque el estudiante ya eligió su carrera y por lo tanto se sabe cómo puede ser la química útil y necesaria de aprender.

Desde hace tiempo sostengo que no se puede dar la misma clase de química a un estudiante de una Licenciatura en Química o Ingeniería Química que a un estudiante de Ingeniería en Informática o Civil; y tampoco lo que se da en la secundaria con lo que se da en la universidad. Pregunto, ¿cuáles son las diferencias metodológicas de la enseñanza de la teoría atómica o de los estados de la materia, por ejemplo, entre secundaria y primer año de la universidad?

Mi experiencia con la enseñanza universitaria de Química en una carrera no afín a ella como la Ingeniería en informática es que se incrementó fuertemente el interés por la asignatura cuando se aplicó una metodología que se basa en aprender la Química a partir de los objetos tecnológicos relacionados con esa carrera. Con frecuencia recibo comentarios de estudiantes que relatan asombrados que "*nunca se imaginaron que les interesaría estudiar Química*". El enfoque consiste en aprender química a partir de saber cómo funcionan dispositivos que para ellos son de uso cotidiano: monitores tipo CRT, monitores LCD, semiconductores, etc. Inicialmente se utilizaba la bibliografía común de cursos universitarios de Química; sin embargo, esta bibliografía resultaba compleja, e incluso, en ella no se encontraban tratados convenientemente temas como por ejemplo la anisotropía en los sólidos, que es el fundamento para su aplicación en el desarrollo de la tecnología de los monitores de cristal líquido.

Con el tiempo fuimos elaborando materiales teóricos específicos que dieron origen a textos sobre "Física y Química Aplicadas a la Informática" [1,2].

Como otro ejemplo, en la asignatura abordamos teoría atómica a través de la explicación del funcionamiento de los monitores CRT, o bien con la forma de trazado de las ondas en un osciloscopio, etc. La finalidad es enseñar los conceptos teóricos relacionados a cada tema tecnológico; así, todos los estudiantes estarán finalmente en condiciones de justificar porqué el modelo atómico de Rutherford no explica satisfactoriamente el comportamiento de los átomos y porqué sí lo logra el modelo de Bohr y, de forma más general,

el modelo probabilístico, teoría cuántica de por medio. Hay una gran diferencia, la metodología tradicional de enseñanza no despierta el mismo interés en un amplio porcentaje de la población estudiantil, comparado con la enseñanza desde los objetos tecnológicos afines a la carrera elegida por los estudiantes.

Nuestro enfoque para las carreras relacionadas con la informática y la electrónica, desarrolla los contenidos tradicionales como se resume en el siguiente cuadro:

<b>El programa de Química</b>	
<b>Química Tradicional</b>	<b>Física y Química aplicadas a la Informática</b>
<b>Estructura atómica</b>	<b>Monitor CRT ( tubo de rayos Catódicos )</b>
<b>Estados de la materia</b>	<b>Monitor LCD ( liquid crystal display )</b>
<b>Enlace químico</b>	<b>Transporte de la información. Almacenamiento de la Información</b>
<b>Cinética y Equilibrio químico</b>	<b>Semiconductores, microprocesadores</b>
<b>Introducción a la química Inorgánica y Orgánica</b>	<b>Elementos y componentes que se utilizan en la producción de sistemas informáticos.</b>
<b>Contaminación ambiental</b>	<b>Contaminación y riesgo laboral. Agentes contaminantes producto de la fabricación y/o utilización de equipos informáticos.</b>

Muchos son los estudiantes que dicen que si hubieran sabido que con la Química se puede trabajar en investigación aplicada al desarrollo científico de su interés, probablemente habrían analizado la posibilidad de seguir una carrera relacionada con esta disciplina.

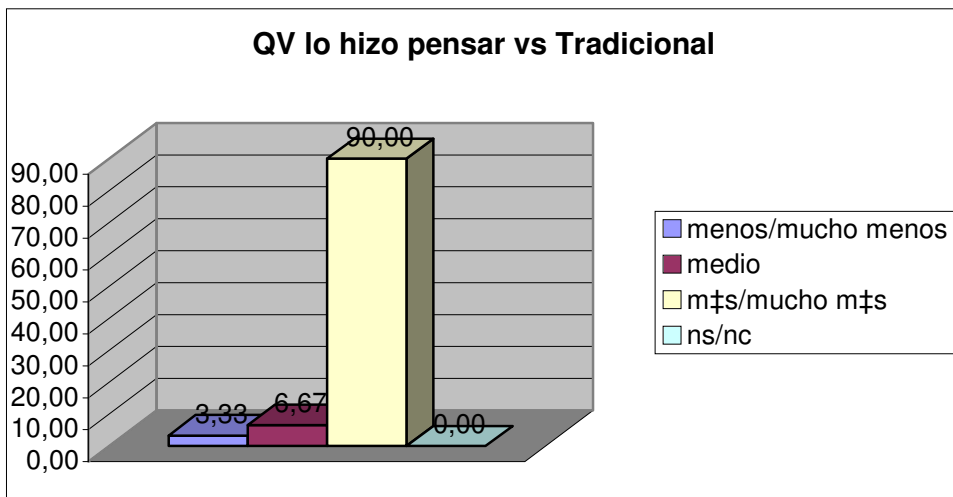
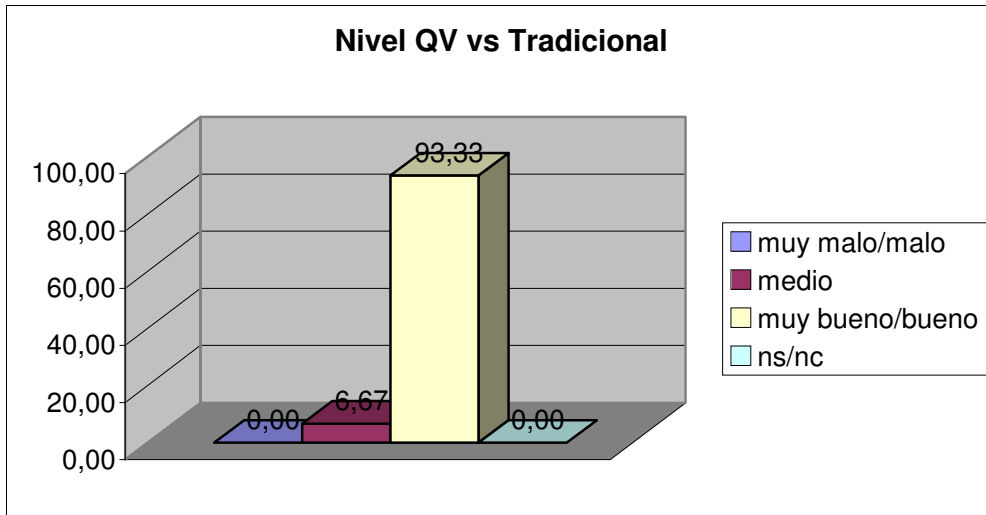
### **¿Homogeneizar o discriminar la química que se enseña según el nivel educativo y/o según la especialidad elegida?**

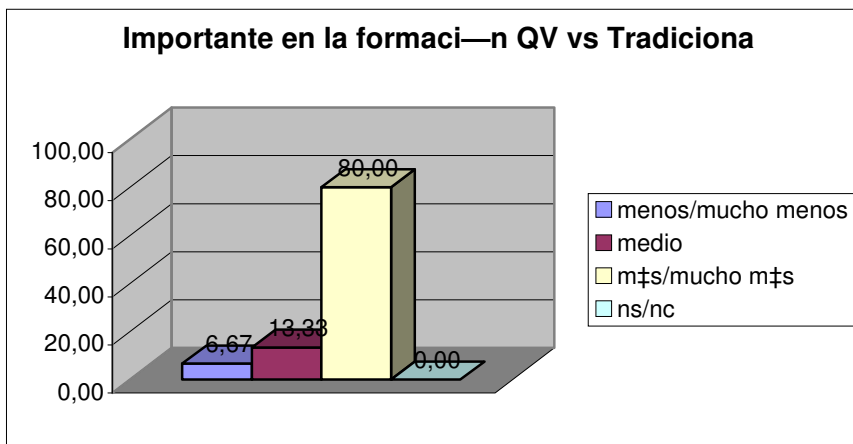
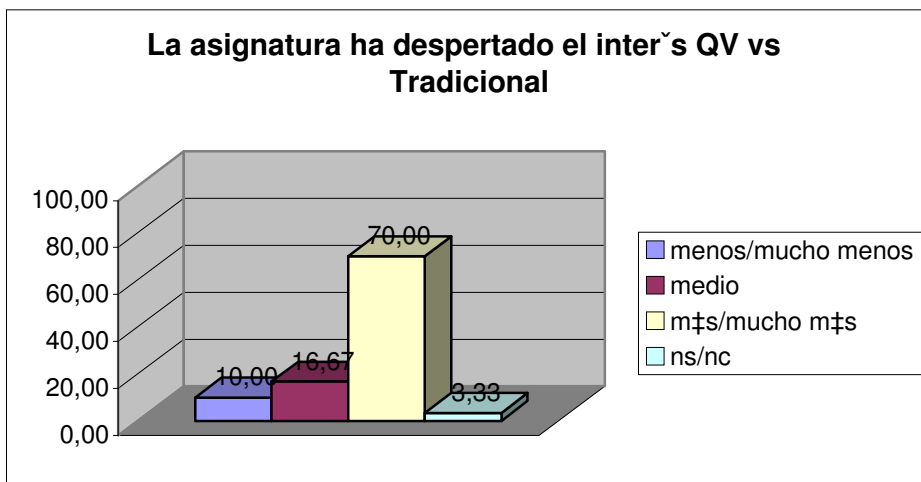
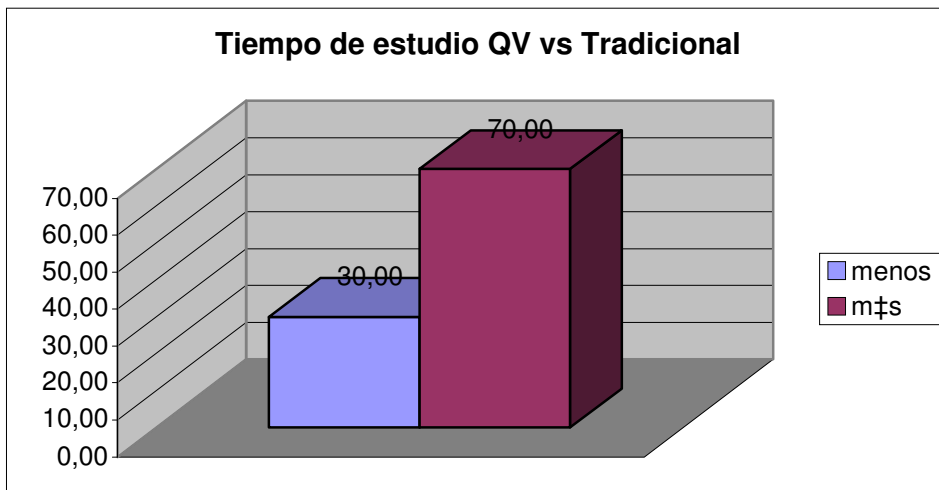
Una metodología de enseñanza de Química orientada a la especialidad en la que se dicta la asignatura, se opone a la ideología que se impulsa actualmente desde varias instituciones universitarias: un ciclo común de ciencias básicas. Cada postura tiene ventajas y desventajas; sin embargo, si pensamos en el estudiante que ya está seguro de su profesión y que por ello eligió una carrera universitaria determinada, al enseñarle química desde su especificidad, estamos favoreciendo una mejor capacitación de ese individuo en cuanto a su percepción sobre la utilidad de la química y seguramente optimizaremos un aprovechamiento conceptual. Y, en todo caso, si algún estudiante decide cambiar de carrera, tampoco se perjudicará con haber aprendido a través de esta metodología, ya que los contenidos conceptuales enseñados son igualmente válidos.

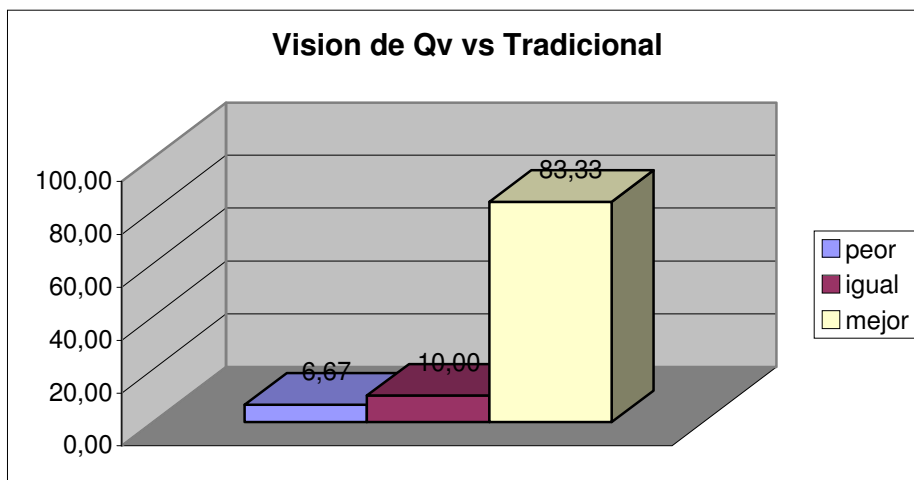
### **Una experiencia universitaria de siete años**

En una primera instancia, este cambio en la metodología de enseñanza de Química relatado más arriba, se llevó a cabo a través de la realización de una experiencia denominada "Química Virtual", durante los años 2000 al 2005. La asignatura se desarrollaba a través de un campus virtual donde sólo podían inscribirse los estudiantes libres, es decir aquéllos que ya

habían fracasado con anterioridad, denominados *alumnos recursantes*. La población estudiantil que atendemos regularmente en la enseñanza de la Química en la UTN-FRC, llegó al tope de 2.688 inscriptos en el año 1996, y unos 1.500 a partir del año 1999. La idea era dar una alternativa a los estudiantes que perdían la regularidad en esa asignatura. La gran cantidad de estudiantes libres que había en el año 2000 hizo que la demanda fuera de cerca de 400 para la inscripción a ese curso en particular (Química Virtual); dada las características del mismo y el número de docentes asignados para esa experiencia es que se optó por inscribir sólo a 100 estudiantes por año. Al finalizar cada año, se realizaron encuestas donde se solicitaba a los estudiantes que efectuaran comparaciones con su experiencia entre haber cursado Química Virtual y la asignatura en la forma tradicional. A continuación se muestran algunos resultados de dicha encuesta. Las preguntas están resumidas como título de cada diagrama de barras.







Los resultados de la encuesta mostraron siempre valores similares. Los estudiantes se mostraron cada vez más entusiastas por realizar la asignatura con la modalidad virtual; de tal forma que se transformó en una posibilidad opcional para todos los inscriptos: cursada tradicional o cursada virtual. En la actualidad este enfoque es aplicado en todas las comisiones de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información en la Facultad Regional Córdoba.

Estos resultados demuestran que se puede mejorar el aprendizaje de la asignatura si dejamos de decir “la Química es una sola” para comenzar a decir “**la Química es una sola y puede ser enseñada de diversas maneras**”.

### Referencias

- [1] **Martínez Riachi, S. Freitas, M** (2006). *Física y Química Aplicadas a la Informática*. Editado por Thomson Learning Argentina.
- [2] **Martínez Riachi, S. Freitas, M** (2001). *Química para Ingeniería en Sistemas de Información*. Editado por Editorial Copiar. Córdoba. Argentina.

\* Profesora Titular de Integración III. Profesora Asociada de Química.