



## ¿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:
  - ò La historia para analizar retrospectivamente la importancia del desarrollo de ciertas cuestiones químicas y su incidencia social.
  - ò 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
  - ò Los últimos avances de la ciencia para saber la potencialidad y la incidencia de la ciencia en la vida cotidiana
  - ò 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.