

## EMPEZAMOS UNA NUEVA UNIDAD... ¿ESTEQUIO...QUÉ?

*NASER, M. y FLAMINI, L.*

Universidad Nacional de Quilmes  
mcnaser@unq.edu.ar, [liflamini@unq.edu.ar](mailto:liflamini@unq.edu.ar)

### RESUMEN

Estequiometría representa uno de los temas que mayor dificultad involucra para su aprendizaje por parte de los alumnos. Numerosos estudios avalan esta afirmación. En el presente trabajo nos proponemos realizar una reflexión sobre los aspectos que inciden en esta situación. En la resolución de los problemas estequiométricos confluyen una serie de cuestiones: el manejo simultáneo de diferentes niveles representacionales, las dificultades con la cuali y la cuantificación, los conceptos involucrados en la resolución y las teorías implícitas que modelan lo que los alumnos aprenden.

**Palabras clave:** Estequiometría, dificultades, relaciones cuantitativas, relaciones cualitativas, teorías implícitas.

## REPRESENTACIONES MENTALES

El proceso de enseñanza y aprendizaje de distintos temas de química en el aula debe ser elaborado en base a una plataforma teórica firme y consistente. Como sostiene Johnstone (1991) “lo que realmente sabemos y entendemos controla lo que aprendemos”. Este autor formula una propuesta acerca de tres niveles de pensamiento que se requieren para saber química. El aprendizaje de conceptos que nos son familiares nos resultan más sencillos que el de conceptos abstractos. Los conceptos que se utilizan en el desarrollo del tema que nos ocupa no tienen un medio sencillo y directo de ser percibido por vía sensible. Distintos aspectos involucrados en este tema no son fáciles de comprender para un alumno que aprende química. Conceptos empleados como mol, moléculas, reacciones químicas (uniones químicas que se rompen para dar lugar a la formación de nuevos compuestos) son ideas están más allá de los sentidos y los alumnos de cursos básicos universitarios si bien tienen experiencia previa y pueden conocerlos de la escuela media, no significa que los comprendan. Esta experiencia previa muchas veces no les facilita el dar un significado preciso a los distintos conceptos empleados por los docentes.

Aunque hayan aprobado en la escuela media el tema que pretendemos explicar, los estudiantes universitarios evidencian errores conceptuales difíciles de superar en esta instancia, (Donati y Gamboa<sup>1</sup>, 2007; Galagovsky<sup>2</sup>, 2005)

Es posible resumir algunas de las dificultades de aprendizaje que encuentran los alumnos cuando se enfrentan al estudio de diversos temas en química en una enunciación propuesta por Pozo y Gómez Crespo (1998) como la concepción continua y estática de la materia que se ve representada como un todo indiferenciado, el no poder establecer diferencias entre cambio físico y cambio químico, la atribución de propiedades macroscópicas a átomos y moléculas, la identificación de conceptos como, por ejemplo, sustancias y elemento. Por otra parte también presentan dificultades para establecer y utilizar el concepto de cantidad de sustancia que ya hemos mencionado, a esto se agregan dificultades para establecer relaciones cuantitativas entre: masa, cantidades de sustancias, número de átomos, etc. Por otra parte se observan dificultades para interpretar el significado de una ecuación química ajustada.

### Lenguajes y códigos en la enseñanza de la Química

Se podría encontrar como una las raíces del problema en la distancia existente entre lo que enseñamos y lo que realmente aprenden los alumnos. Cuando el alumno se encuentra con distintos conceptos involucrados en la unidad temática que denominamos estequiometría, sus sentidos no le permiten aprender mediante la percepción directa, ya que le presentamos una reacción química que le resulta totalmente abstracta, mediada por interpretaciones simbólicas. Entonces intentamos hacer analogías, dibujos y en la medida de lo posible experiencias de laboratorio, planteamos teorías y reglas, pero estas acciones acaban forzando un aprendizaje sin sentido para el alumno.

Deberíamos ser concientes que no están haciendo uso de los mismos niveles representacionales los actores que participan en la enseñanza (los estudiantes) y el aprendizaje de la química. Mientras que el docente maneja simultáneamente los tres niveles el alumno no consigue hacer uso de los tres en forma paralela.

El nivel macroscópico que corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa se dificulta en la enseñanza de la Estequiometría, ya que este nivel se construye a partir de la información que proviene de nuestros sentidos. Al enunciar

---

<sup>1</sup> Revista Química Viva, Volumen 6, número especial: Suplemento educativo, mayo 2007

<sup>2</sup> Didáctica de la Química I, FCEyN-UBA

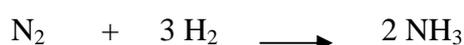
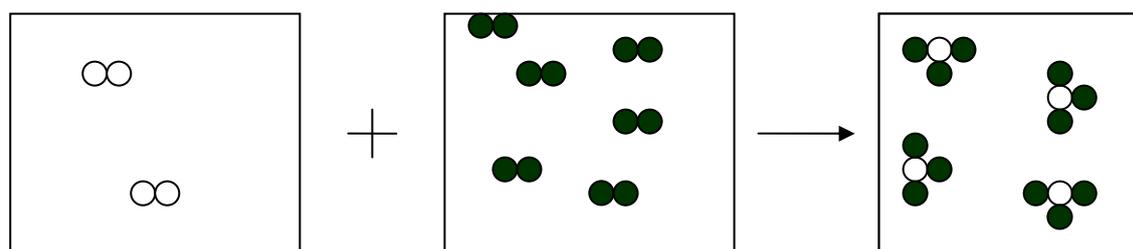
un problema de Estequiometría se hace referencia a sustancias muchas veces desconocidas por los alumnos por lo que resulta muy difícil que establezca un anclaje basado en su experiencia. En general no manipulamos sistemas materiales que utilizaremos en el desarrollo del tema que nos ocupa. En cuanto al nivel submicroscópico debemos considerar las representaciones abstractas que debemos inducir en el alumno ya que pueden corresponder a modelos que no tiene en su mente porque el estudiante de cursos básicos universitarios no es un experto en la materia. Podemos utilizar para ello el modelo de esferas para describir e interpretar los distintos estados de la materia involucrada en una reacción química y a las transformaciones que en ella se producen. Debemos considerar el empleo de estos esquemas con sumo cuidado ya que el alumno puede considerar que así se “ven” realmente los átomos, pero sin lugar a dudas es conveniente “traducir” de alguna manera lo que escribiremos en adelante tan solo como una sucesión de fórmulas químicas. Por último en el nivel simbólico abordamos la forma típica de expresar conceptos químicos mediante fórmulas y ecuaciones químicas. Es fácil comprender que el manejo simultáneo de los tres niveles representacionales de Johnstone (1997) para el alumno implica todo un desafío.

### Aprendizaje de los conceptos relacionados con Estequiometría.

Cuando los docentes explicamos un problema de Estequiometría estamos pensando en los tres niveles de representaciones ya mencionados y es importante que en nuestra exposición no sólo demos información, sino que recurramos a ellos para que el alumno pueda entender lo que estamos representando. No somos conscientes de lo que estamos demandando del alumno, ya que sino, solo su memoria debe soportar un gran esfuerzo para poder “procesar” toda la información que está recibiendo. Los dibujos que presentamos y las explicaciones que damos no tienen un anclaje directo con la percepción macroscópica de la transformación química que pretendemos dar a conocer. Los alumnos de cursos básicos universitarios que tienen diversos niveles de química arrastrados de su nivel secundario, no asocian en general las fórmulas químicas que presentamos con una apropiada representación de nivel particulado y este es el momento para que lo adquieran, ya que no pueden relacionar el subíndice de las fórmulas químicas con el número de átomos y es necesario informar mediante dibujos que representen las partículas.

Nuestra experiencia docente nos permite afirmar que los alumnos no distinguen los coeficientes estequiométricos que preceden a las fórmulas con los subíndices que indican la atomicidad.

Han olvidado las leyes de la conservación de la masa y de los elementos y presentan mucha dificultad para balancear ecuaciones.



Se suma a esta dificultad, el manejo de conceptos como reacciones reversibles, pureza, mol y soluciones y de resolución de problemáticas referidas a composición centesimal, densidad, gases y soluciones. Es fácil comprender que la cantidad de obstáculos que tiene que sortear el alumno en la resolución de ejercicios de Estequiometría pueda traer aparejada dificultades en su aprendizaje.

## PROBLEMAS DETECTADOS

El léxico químico de los alumnos de los cursos básicos universitarios es muy pobre o prácticamente inexistente. Los alumnos no pueden comprender lo que realmente significa una ecuación química y el desarrollo de un problema estequiométrico, necesitan que el docente “se los muestre”. No pueden comprender el mensaje que se pretende impartir. Según Borsese<sup>3</sup> (2006) los alumnos no comprenden el lenguaje natural que supera el lenguaje químico, entonces no pueden entender lo que los docentes expresamos con palabras, desconocen las definiciones operativas y éstas no tienen entonces un significado para ellos.

Si nos remitimos a la historia de la química debemos tener en cuenta que las primeras medidas realizadas fueron las de masa y volumen, estableciéndose con ellas las primeras leyes que permitieron el desarrollo teórico de esta ciencia dura. Si avanzamos con la introducción de la teoría atómico-molecular, encontramos que los fenómenos químicos empiezan a interpretarse a nivel microscópico en función de los átomos y las moléculas que intervienen, siendo necesario conocer el número de partículas que participan en un determinado proceso. Los alumnos deben aceptar lo explicado como un acto de fe, el joven estudiante de química necesita por consiguiente relacionar de forma cuantitativa lo macroscópico del mundo real y el nivel microscópico en el que debe interpretar los procesos, aceptar y comprender las teorías sobre la materia.

El problema que se les plantea a los estudiantes para poder establecer relaciones cuantitativas entre las dos dimensiones: macroscópica y microscópica, entre las masa y volúmenes, por un lado y el número de partículas implicadas por otro, es que, esas partículas son muy pequeñas y no pueden medirse y seleccionarse en pequeñas cantidades, es necesario medir de una vez un número grande de ellas. Por esto se introduce el concepto de mol, prácticamente imposible de comprender, que nos permite establecer una relación proporcional entre los coeficientes de las reacciones químicas y las cantidades de sustancias que intervienen en cada proceso. Pero además de estas dificultades, el alumno que estudia química va a encontrar otras a la hora de aprender y aplicar las leyes cuantitativas de la química. Son las propias de los conceptos implicados en esas leyes. Entre las que figuran las relativas al concepto de mol, cuya definición es compleja y suele ser mal empleada en los libros de textos; la semejanza fonética con molécula, molar y molaridad produce confusiones en los alumnos, así como también su aplicación a las reacciones químicas. Tampoco favorece la utilización del número de Avogadro, ya que resulta un número excesivamente grande para poder tomar la dimensión del mismo.

Particularmente, los cálculos estequiométricos involucran: cálculos con moles, cálculos de números de partículas, aplicaciones de las leyes de los gases, concentraciones de soluciones y ajuste de reacciones. Sin embargo aunque no presentan dificultades en la resolución de problemas matemáticos que involucren las mismas destrezas, éstas suelen surgir en el contexto de la estequiometría.

Los cálculos vinculados a la resolución de fenómenos químicos, con algunas excepciones, se pueden realizar aplicando el razonamiento proporcional. Y aunque parezca simple en el modo de resolución, para los alumnos el cálculo proporcional, plantea dificultades a la hora de ser aplicado a problemas de química. Sabemos por nuestra experiencia docente que tanto adolescentes como adultos presentan dificultad para resolver correctamente problemas de proporción. De hecho, frente a la estrategia matemática correcta, se ha encontrado una tendencia general de los sujetos a recurrir a estrategias más simples y menos elaboradas.

---

<sup>3</sup> Especialista en Didáctica de la Química, profesor de la Univ. De Génova, Italia. Conferencia dada en la AQA el 27/10/2006

Sobre todo teniendo en cuenta el número de proporciones diferentes y sucesivas que aparecen en éstos. Ello obliga a que el alumno, para aplicar las leyes cuantitativas de la química y resolver problemas que impliquen cálculos matemáticos, tenga que establecer estrategias más o menos complejas que le permitan organizar los pasos sucesivos para encontrar una solución. Esto nos lleva al problema de la estrategia y los procedimientos de trabajo en química, que trataremos más adelante.

### **Hay más dificultades**

A pesar de su papel simplificador, los conceptos implicados en las leyes cuantitativas resultan oscuros y difíciles de comprender y aplicar para la mayoría de los alumnos, lo que lleva a que los utilicen de una forma mecánica y algorítmica, por lo tanto, dificultan la comprensión de otros conceptos y de las leyes de la química. Las dificultades concretas en el aprendizaje y utilización de este concepto ya han sido estudiadas y las características principales que presentan son: dificultades con el concepto de mol, necesidad de utilizar el número de Avogadro en cálculos, dificultades con conceptos relacionados, por ejemplo la semejanza fonética entre molécula, molar y molaridad.

Sabemos que en general, las dificultades de aprendizaje estarían determinadas por la forma en que el alumno organiza sus conocimientos a partir de sus propias teorías implícitas sobre la química. Así la comprensión de las teorías científicas implicaría superar las restricciones que imponen las teorías implícitas que mantienen los alumnos que, se diferencian de las primeras en una serie de supuestos subyacentes de carácter epistemológico, ontológico y conceptual. Comprender química como sugieren Pozo y Gómez Crespo (1998) implicaría un cambio en la lógica a partir de la cual cada alumno organiza sus teorías (lo que llamaríamos un cambio epistemológico).

El paso desde las primeras teorías intuitivas de los alumnos hasta una visión científica de los distintos problemas implica superar concepciones organizadas caracterizadas por una interpretación de la realidad a partir de modelos, de tal forma que los conceptos se aceptan como construcciones abstractas que ayudan a interpretar la naturaleza de la materia y sus propiedades.

Ante una consulta realizada a los alumnos ellos consideran que los conceptos que se manejan en Estequiometría resultan abstractos y difíciles de entender un 78,5%; les resultan sólo procedimientos memorísticos un 57 %; les resulta difícil interpretar el lenguaje simbólico de fórmulas y poder comprenderlas un 43 %. Además un 57 % considera que el docente utiliza un vocabulario que no pueden interpretar y un 64 % considera que las explicaciones son confusas. Casi un 43 % reconoce que no recurre a una consulta bibliográfica para ampliar las explicaciones dadas por sus docentes.<sup>4</sup>

### **¿No incluir Estequiometría en los cursos de química?**

La enumeración de las dificultades que surgen en la resolución de problemas de Estequiometría no intenta ser una justificación que aboga por su no inclusión. Nos planteamos, a partir del análisis de las dificultades que se presentan en la resolución de problemas de las clases de Química una reflexión tendiente a optimizar los medios para lograr aprendizajes comprensivos en los alumnos. Lograr aprendizajes sustentables podría implicar una reformulación de la secuencia de dificultades que van agregando con el transcurso de las clases, la incorporación de problemas cualitativos, que requieran razonamientos teóricos, sin la necesidad de la utilización de cálculos numéricos (problemas conceptuales), la modelización y la inclusión de problemas experimentales, cuya respuesta surja de la puesta en marcha de experiencias de laboratorio. De la misma manera, también la resolución de

<sup>4</sup> Encuesta realizada a alumnos del ciclo Polimodal en Ciencias Naturales (Segundo y Tercer año)

problemas deberían impulsar los cambios en los conocimientos de los alumnos que conocemos como “aprendizaje”. Pero para ello estos problemas han de ser “auténticos” y no meros ejercicios. En efecto, los estudiantes no han de considerar que los procedimientos explicativos son rituales invariables. Por ello, deben enfrentarse a auténticos problemas, escogidos de tal manera que pueda resolverlos a la vez que evolucionan sus conceptos previos, sus lenguajes y las experiencias que le proporcionan evidencias.

Ahora bien, un buen problema permite aprender *al ser resuelto*, puesto que así se modifican y avanzan los conocimientos de quien lo resuelve; así, los “problemas para aprender” han de poder ser resueltos de la manera más autónoma posible. Polya, (1945) llama “heurístico” al proceso de resolución que consta de las etapas siguientes: leer el enunciado y comprender la pregunta que se plantea, concebir un plan para responder la pregunta (identificar el marco teórico, formular hipótesis y descartar las que no correspondan), elaborar estrategias para obtener la respuesta adecuada (dividir el problema en subproblemas e identificar submetas, recordar problema análogos que ya se saben resolver, relacionar el tema con otros...), ejecutar el plan previsto y verificar el resultado.

Los *auténticos problemas* que generan aprendizaje deben activar este tipo de conocimientos, pero es evidente que éstos no son los mismos para todos ellos. Si el problema ya se sabe resolver, deja de ser problemático, se transforma en una rutina y pasan a ser simplemente *ejercicios*. (Bodner and Dudley, 2002). Tengamos en cuenta que la resolución de ejercicios no es garantía de aprendizaje significativo ni de comprensión conceptual; a menudo se consigue aplicando un algoritmo (una fórmula, un proceso algebraico, una frase, una técnica que simplifica el problema) sin comprender su fundamento.

Todo esto nos lleva a concluir que será necesario recurrir a una batería de recursos que permitan sortear las dificultades expuestas a través de puentes que permitan conectar los niveles macroscópico, microscópico y simbólico y conseguir así un lenguaje común entre expertos y novatos.

## BIBLIOGRAFIA

BODNER G and DUDLEY H. (2002). *Problem-Solving in Chemistry A*: Gilbert, J.K. et al (eds), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (p.235-266). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

BORSESE A. (1997) *El lenguaje de la química y la enseñanza de las ciencias*. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Alambique. Barcelona

DONATI E. ANDRADE GAMBOA.(2007) *¿Qué queremos que sepan sobre química los alumnos que ingresan a la universidad?* Química Viva. Vol. 6, número especial: suplemento educativo. UBA, Buenos Aires, Argentina

GALAGOVSKY, L. (2003) *Semana de la Química*. UBA-FCEyN. Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, (CEFIEC)

JOHNSTONE, A.H. (1991) Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem.

JOHNSTONE, A.H. (1997) Chemistry teaching. ¿Science or Alchemy? *J.Chemical Education*, 74(3)

POLYA, G. (1945) *¿How to solve it? Princeton University Press. (Traducción castellana: como plantear y resolver problemas.)* México. Trillas. Dentro de estos cuatro enfoques de la Resolución de Problemas, los autores del presente. Artículo

POZO, J. I. y GOMEZ CRESPO, M. A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia.* Ediciones Morata.