
Reflexiones sobre la enseñanza de la Química

Javier Nakamatsu | javier.nakamatsu@pucp.pe

Resumen:

El aprendizaje de la Química es difícil, pues requiere que el estudiante sea capaz de relacionar el mundo macroscópico que percibe con un mundo submicroscópico basado en átomos y moléculas que no puede percibir, y debe, además, poder aprender un sistema de símbolos necesarios para su representación. Sin embargo, a pesar de esta dificultad, es importante enseñar Química a no especialistas como un conocimiento que le permita enterarse del desarrollo tecnológico y científico que afecta diariamente nuestras vidas. La tarea del docente es adaptar el conocimiento científico para que el estudiante pueda conectarlo con sus conocimientos previos y así lograr un aprendizaje significativo. Es importante, además, transmitir el carácter evolutivo de la Química mostrando los retos que se deben enfrentar.

Palabras claves:

Enseñanza de la Química, conocimiento científico, aprendizaje significativo, demostraciones.

¿Que es la Química?

La Química es una ciencia que intenta explicar las propiedades macroscópicas de la materia a partir de su estructura conformada por entidades submicroscópicas (partículas). Así, a partir de objetos concretos y visibles la Química crea conceptos y abstracciones, y forma modelos que presentan una interpretación de la naturaleza para dar una visión coherente de la realidad. Para lograr esta interpretación, se definen las partículas básicas: los átomos, que a su vez pueden formar entidades más complejas como compuestos iónicos y moléculas, a través de la formación de enlaces químicos. Pero estos modelos no solo permiten a la Química describir el mundo en que vivimos, sino que pueden además predecir la formación y propiedades de materia no existente. Así, esta disciplina no solo es capaz de comprender la materia que existe en la naturaleza sino que también crea nueva materia.

¿Por qué enseñar Química?

¿Por qué se debe enseñar Química a los estudiantes de otras carreras? Vivimos en un mundo moderno, dependemos de la tecnología y de los nuevos materiales. Nuestra calidad de vida requiere del suministro permanente de alimentos y medicamentos, además de grandes cantidades de energía. Nuestro modo de vida depende de la Química.

Los alimentos que ingerimos contienen preservantes que retardan su deterioro, utilizamos fertilizantes y plaguicidas para mejorar la eficiencia de los cultivos. Utilizamos fibras y elastómeros sintéticos en nuestra vestimenta y calzado. Nuestro sistema de transporte está basado en combustibles como la gasolina y el diésel (o biodiésel); los motores requieren de lubricantes y otros aditivos. La comodidad en nuestros hogares la brindan materiales poliméricos como los plásticos, pinturas, barnices, espumas elásticas, y fibras sintéticas y naturales. Los artefactos que utilizamos diariamente contienen piezas hechas de plásticos, metales o materiales cerámicos, que, a su vez, han requerido de procesos químicos para su fabricación. Los avances en la medicina están basados en productos y procesos químicos: se siguen desarrollando nuevos y mejores medicamentos; se utilizan materiales especiales para implantes y equipos médicos; las curaciones dentales utilizan resinas; mejoramos deficiencias en la visión con lentes cada vez más sofisticados.

Por otro lado, nuestro estilo de vida moderno también genera nuevos problemas como el calentamiento global, el agujero en la capa de ozono, la contaminación del aire en las grandes ciudades, la gran cantidad de desechos que generamos, la calidad del agua, etc. La Química es parte de la solución a estos problemas.

Es, pues, importante que la población posea un conocimiento científico mínimo, por un lado, para tener un entendimiento básico de cómo funcionan las cosas a nuestro alrededor, para poder comprender los descubrimientos y problemas que desafían a la ciencia y a nuestra sociedad hoy en día. Y, por otro lado, también le permitirá tomar decisiones fundamentadas y responsables sobre los problemas en el mundo. Esto es lo que algunos investigadores han denominado alfabetización científica (DE BOER 2000).

Además, al margen del contenido científico de un curso de Química, su estudio también contribuye con el desarrollo de habilidades intelectuales en los estudiantes, pues mejora su capacidad de conceptualizar, de manejar ideas nuevas, de utilizar simbolismos y enriquece sustancialmente su vocabulario.

Consideraciones para la enseñanza de la Química

Para la mayoría de estudiantes, los cursos de Química son considerados difíciles porque se les presenta principalmente como una gran acumulación de información abstracta y compleja. Y aun más, para aprender los principios de esta ciencia deben también conocer y dominar su propio lenguaje, su simbología.

Como se mencionó antes, la Química estudia el mundo real y crea modelos para representarlo y así poder explicar sus características y propiedades. Por lo tanto, parte de la dificultad para los estudiantes radica en que requiere de un aprendizaje en múltiples niveles, lo que ha sido representado en la literatura por el gráfico siguiente :

- A nivel macroscópico: se describe la realidad observable, la materia y sus cambios. Está relacionado con nuestra experiencia cotidiana, con fenómenos observables, propiedades de la materia, mediciones, etc.

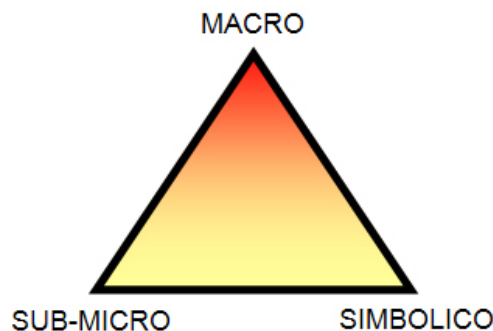


Figura 1. Los tres niveles conceptuales de la Química (JOHNSTONE 2006)

- A nivel sub-microscópico: se presenta la estructura de la materia basada en partículas básicas invisibles (átomos y moléculas) para lo cual se crean modelos teóricos. Requiere de una gran capacidad de abstracción e imaginación.
- A nivel simbólico: se necesitan formas para representar los modelos, se definen símbolos y nomenclatura (fórmulas y ecuaciones) con reglas y formalismos que seguir.

Es muy difícil que un estudiante, sin guía o entrenamiento previo, pueda relacionar y manejar información en estos tres niveles conceptuales. Y además, en la enseñanza de la Química debe haber un balance entre ellos, por ejemplo, un exceso en el aspecto descriptivo (nivel macroscópico) conduce a la memorización de propiedades y hechos y, por otro lado, en cambio, una excesiva concentración en el aspecto simbólico o submicroscópico lo vuelve teórico y demasiado abstracto. El aprendizaje se favorece si se combinan adecuadamente los tres niveles conceptuales. Se debe intentar mantener siempre la conexión entre el mundo real y cotidiano, y el conocimiento teórico.

Es importante recordar que el objetivo de los cursos de Química no se limita a la asimilación de hechos, teorías, fórmulas y ecuaciones, se debe más bien enfatizar la razón e importancia que este conjunto interrelacionado de conocimientos tiene para nuestras vidas y para nuestro futuro. Parte del objetivo de un curso de este tipo es enseñar a los estudiantes a observar y a cuestionar su propio entendimiento

de la realidad. Además, la simple asimilación de información sin la capacidad de relacionarlos y aplicarlos para comprender la realidad (como los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor, la razón de las propiedades de los materiales que utilizamos, el funcionamiento de la vida misma) es una actividad sin motivación, tediosa e inútil.

Otra dificultad en el aprendizaje de la Química es que es un cuerpo de conocimientos ordenados, los modelos y teorías se construyen unos sobre otros, así, por ejemplo, se presenta primero el modelo del átomo para luego construir a partir de él las teorías de enlace químico. Uno de los riesgos para el estudiante es que si no llega a comprender adecuadamente o simplemente olvida uno de los temas del curso, puede hacer más difícil que comprenda algún otro tema más adelante. Es muy importante lograr que pueda ir construyendo su conocimiento de manera sólida y completa.

Considerando lo anteriormente mencionado, Johnstone (1997) propuso un modelo de procesamiento de información que ilustra las dificultades en el aprendizaje de la Química:

Según este modelo, el aprendizaje no consiste en una simple adquisición de información, sino que requiere que esta nueva información “interactúe” con el conocimiento que ya posee el individuo (memoria a largo plazo). La nueva información que el estudiante recibe por vía de sus sentidos debe ser retenida

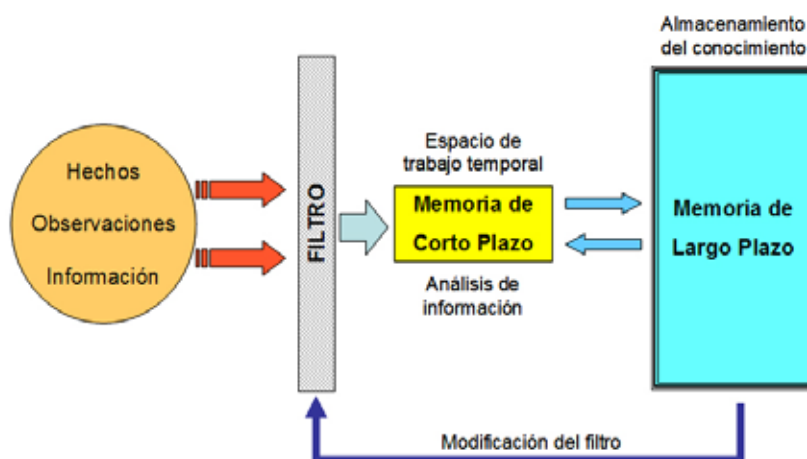


Figura 2. Esquema del modelo de procesamiento de información (JOHNSTONE 1997) temporalmente (memoria de corto plazo) mientras es interpretada y comparada con el contenido de su memoria de largo plazo. Este proceso permite que la nueva información sea reconocida, procesada y organizada, y así llegue a “tener sentido” y sea coherente para poder integrarse a su propio conocimiento (pase a ser almacenada). Cuando el nuevo conocimiento se conecta con el que ya se tiene, el aprendizaje es más efectivo. Cada estudiante posee su propio esquema mental para aprender (filtro), lo cual depende de sus experiencias, de sus conocimientos previos, de su propia forma de aprender. Se debe tomar en cuenta, además, que no todos los estudiantes vienen con conocimientos previos de Química y aquellos que sí los tienen podrían incluso tener conocimientos equivocados o confusos, lo cual influye en el filtrado de la información.

Así pues, la enseñanza de la Química no solo requiere de la transmisión de información (ya compleja de por sí), sino que, y más importante aun, requiere que esa información sea asimilada al conocimiento del estudiante. Es un reto que demanda del esfuerzo tanto del profesor como del estudiante. Hay consenso en que existen distintas estrategias que el profesor puede utilizar para ayudar al estudiante a conectar esta nueva información con la que ya posee. Verbalizar y discutir la nueva información, expresarla en sus propias palabras, buscar ejemplos o resolver problemas aplicados son ejemplos que permiten al estudiante establecer vínculos entre las nuevas ideas y el conocimiento que ya tiene.

Como ya se mencionó, el aprendizaje es un proceso indefectible e ineludiblemente personal. En este aspecto, un tema muy importante es el de la motivación por aprender, el incitar al estudiante a llevar a cabo este trabajoso proceso. Una forma de motivación para aprender Química es la satisfacción al poder entender la naturaleza, el mundo físico a nuestro alrededor. Para ello, hay que ayudar al estudiante a relacionar los temas del curso con nuestra vida diaria, con los problemas que enfrentamos y también con

los descubrimientos brillantes que se han producido en nuestra historia. Esto ayuda al estudiante a crear vínculos entre los modelos submicroscópicos de la Química y su propia experiencia y conocimiento.

Otro aspecto de motivación yace en nuestro anhelo constante por descubrir cosas nuevas. Usualmente presentamos a la Química como un conjunto de teorías y leyes organizadas y establecidas. Transmitimos poco o nada del esfuerzo que ha tomado crear esta ciencia, las pruebas fallidas, los momentos de duda, de perplejidad, las teorías descartadas o los modelos que fueron cambiados. Tampoco enfatizamos los momentos de triunfo, ni todo el ingenio y creatividad que se desarrollaron para lograr los descubrimientos; es decir, no compartimos con los estudiantes la emoción de encontrar algo nuevo.

¿Cómo (no) enseñar Química?

La tarea del profesor es presentar la Química de manera accesible al alumno, para que él pueda producir el aprendizaje más significativo posible. Se han realizado muchos estudios e investigaciones que pueden ayudar a enriquecer nuestra labor como docentes, y en las últimas décadas, se ha multiplicado la publicación de trabajos tanto sobre la filosofía de la enseñanza como de las más variadas metodologías, enfoques, seguimientos del aprendizaje, y muchos aspectos más.

Existen trabajos fundamentales que, aun cuando fueron realizados hace ya un buen tiempo, siguen vigentes. Un trabajo de este tipo es el presentado por el profesor de Stanford University, Lee S. Shulman "Knowledge and Teaching: Foundations for a New Reform", publicado en Harvard Educational Review en 1987. En este trabajo se presenta un modelo de enseñanza basado en la comprensión y razonamiento de los temas, y su transformación, adaptación y reflexión para facilitar el aprendizaje del alumno. Shulman denomina "contenido pedagógico" al contenido científico transformado y adaptado para hacerlo accesible, comprensible, motivador y enriquecedor para los alumnos. Este modelo describe desde la manera de presentar los conceptos de la materia, el uso de analogías, ejemplos y ejercicios, el diseño de esquemas y figuras, hasta la presentación de demostraciones o videos, o la realización de pequeños experimentos por parte de los propios alumnos. Shulman enfatiza que no existe un contenido pedagógico ideal, puesto que este debe ser adaptado según las circunstancias. El proceso de enseñanza-aprendizaje nunca se da de la misma manera: las condiciones cambian constantemente, ya sea el lugar, el momento o los estudiantes, que no son los mismos. Así, el profesor debe estar preparado y contar con un bagaje de alternativas y ser lo suficientemente perceptivo para aplicarlas según sea necesario. Para esto se necesita tener un conocimiento básico de pedagogía, pero también experiencia y sabiduría ganadas con la práctica.

Así, para poder enseñar aun un curso introductorio de Química, es necesario tener un conocimiento sólido de los temas a tratar, no es suficiente con conocer superficialmente los hechos, las leyes y la teoría. Es necesario tener una comprensión completa de la materia, aun cuando el curso trate los temas con poca profundidad, pues solo una comprensión real y cabal por parte del profesor hace que la pueda presentar y explicar de manera simple y directa, y pueda construir sobre lo que se ha tratado anteriormente y conectarlo de manera natural con lo que vendrá más adelante. La comprensión profunda y el dominio de la materia permiten al profesor vincular los temas con los de otras materias, con nuestra vida cotidiana, con nuestras experiencias y vivencias, y así acercarlos a los alumnos.

Por ejemplo, los cursos introductorios de Química presentan, generalmente en los capítulos iniciales, el modelo del átomo, esto es, la aproximación actual de cómo es el átomo. A pesar que el tema no es tratado a profundidad (no se examina la ecuación de Schrödinger) requiere que el profesor sí tenga conocimientos suficientes para poder explicar de dónde proviene este modelo atómico. También debe conocer los modelos anteriores, sus fundamentos y deficiencias, para poder presentar una visión amplia y que muestre la evolución continua del pensamiento humano. Esta visión más completa le facilitará al profesor transmitir una imagen más coherente del átomo a la mente de sus alumnos. Además, anticipando los temas que vendrán a continuación, como el de propiedades químicas de los elementos y la formación de distintos tipos de enlace entre átomos, el profesor puede vincular el modelo del átomo, totalmente abstracto, a características y fenómenos observables con los que los alumnos pueden estar más familiarizados.

El siguiente cuadro muestra un resumen del modelo de Shulman aplicado al tema del modelo atómico para un curso de Química general de nivel universitario, a modo de ejemplo. Este modelo resume las etapas por las que pasamos, consciente o inconscientemente, cuando nos proponemos enseñar una materia.

Es una combinación entre los conocimientos científicos de la materia y la pedagogía para transmitirlo.

Modelo de Shulman	Aplicación al modelo atómico
<p>Comprensión de la materia, conocimientos de la disciplina: <i>Información actualizada y comprehensiva sobre el tema</i></p>	<p>El profesor debe conocer los modelos atómicos históricos (especialmente el modelo del átomo de Bohr) y sus orígenes, la teoría cuántica y sus fundamentos, estar familiarizado con la ecuación de Schrödinger y sus resultados, el concepto de orbital y significado de los números cuánticos. Además, debe conocer y manejar las unidades de medida (masa, longitud, energía, carga eléctrica), así como el concepto de onda electromagnética.</p>
<p>Transformación/adecuación del conocimiento para el proceso de enseñanza: <i>Identificación de temas y conceptos centrales. Previsión de problemas y dificultades de aprendizaje, selección/preparación de textos que ayuden a superarlos. Balance entre los niveles macroscópico, submicroscópico y el uso de símbolos. Definición de la secuencia para abordar e introducir los temas teniendo en cuenta los conocimientos previos necesarios y considerando analogías y ejemplos. Preparación de diapositivas y otros materiales, adaptación de figuras/esquemas, preparación de demostraciones y experimentos, tratando de vincular los temas con la vida diaria, con la experiencia de los alumnos y así resaltar su importancia y vigencia. Diseño de actividades/tareas, ejercicios</i></p>	<p>Breve introducción de modelos atómicos anteriores, con énfasis en el modelo de Bohr para presentar conceptos de la mecánica cuántica (figuras de modelos atómicos anteriores). Es necesario también presentar al alumno una corta descripción de ondas electromagnéticas, características y cálculos energéticos (esquemas, cuadros de diferentes tipos de radiación electromagnética). Además, se deben explicar las limitaciones del modelo atómico de Bohr en cuanto a explicar fenómenos físicos relacionados, como introducción al modelo cuántico del átomo (videos o demostraciones de colores emitidos por diferentes elementos). El modelo atómico moderno se presenta en términos generales, se realiza una introducción de los números cuánticos enfatizando su significado físico más que el matemático. El átomo se describe según el modelo y la aplicación a la configuración electrónica (esquemas y figuras tridimensionales de orbitales atómicos). La relación directa de la configuración electrónica de los elementos con su posición en la tabla periódica (y propiedades químicas similares) aparece como sustento al modelo cuántico del átomo (videos o demostraciones de propiedades químicas de los elementos según su ubicación en la tabla periódica).</p>
<p>Proceso de enseñanza en el aula: <i>Manejo de la clase, exposición, actividades en aula. Ejecutar según lo planificado para que los temas aparezcan vinculados.</i></p>	<p>Introducción: presentación de modelos atómicos y ondas electromagnéticas. Ejercicios de cálculo de energías de ondas y niveles de energía en el átomo. Modelo cuántico: descripción de los números cuánticos y su significado físico. Aplicación del modelo para determinar la configuración electrónica de los elementos y su posición en la tabla periódica. Propiedades de los elementos en la tabla periódica: ejemplos de comportamiento químico de los distintos grupos (demostraciones, videos), definición de propiedades químicas y del concepto de carga nuclear efectiva.</p>
<p>Evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje: <i>Preguntas y tareas durante las clases, prácticas calificadas, controles de lectura, exámenes.</i></p>	<p>Actividades grupales en clase con cálculos de energía de ondas electromagnéticas relacionadas al modelo atómico de Bohr, determinación de la configuración electrónica de elementos, ubicación en la tabla periódica y predicción de sus propiedades químicas.</p>
<p>Reflexión sobre los resultados; cambios y mejoras: <i>Identificación de problemas de aprendizaje a partir de las consultas de los estudiantes, de los principales errores cometidos en las evaluaciones. Análisis de los problemas de aprendizaje: deficiencias de preparación previa al curso, falta de claridad en las presentaciones, falta de ejemplos y ejercicios, cambio de metodología, dificultad de cálculos matemáticos.</i></p>	<p>Búsqueda de nuevas estrategias para desarrollar temas difíciles como los conceptos de cuantificación de la energía y propiedades de los elementos, utilización de nuevos esquemas, figuras, animaciones, desarrollo de ejercicios en clase. Otras formas de facilitar conexiones de la información con conocimiento previo del alumno, con sus experiencias. Mayor tiempo de dedicación si es necesario.</p>

Las preguntas y dudas de los alumnos durante las sesiones de clase, así como las evaluaciones formales parciales de la materia, nos permiten evaluar el aprendizaje permanentemente para poder aplicar cambios y ajustes necesarios. La búsqueda de nuevas formas de explicar la materia, de maneras de facilitar que el alumno conecte la información con su conocimiento previo también permite muchas veces que el profesor profundice su propio conocimiento. La enseñanza-aprendizaje es un camino de doble vía.

La Química es una ciencia experimental que se ha construido a partir de deducciones empíricas: las abstracciones (conceptos, modelos y teorías) nacen de observaciones e interpretaciones del mundo físico. Sin embargo, la forma en que se le suele presentar a los estudiantes raramente muestra esta relación. Como se mencionó antes, el estudiante no experimenta el cuestionamiento a lo conocido, la crítica al conocimiento establecido, la duda, la interrogante, la perplejidad, el reto de alcanzar a comprender lo observado. Más bien, el estudiante percibe a la Química como un conjunto estático de dogmas y paradigmas escritos en los textos y los acepta así, sin comprender su carácter vivo y evolutivo. Mostrar al estudiante la esencia cambiante de la Química, y de la ciencia en general, contribuye también a motivar su estudio pues la muestra como un desafío aun no superado.

El reto del profesor es, pues, encontrar la manera de mostrar al estudiante que lo que busca la Química es la comprensión de los hechos que ocurren a nuestro alrededor. Esto se logra a partir de la observación sensorial de un fenómeno, para luego hacer deducciones y generalizaciones para contrastarlo con el conocimiento ya adquirido. Compartir esta experiencia con el estudiante es sin duda un desafío que debemos enfrentar y superar.

Una manera de exponer al estudiante a una situación en la que tenga que observar un hecho, analizarlo, extraer deducciones y contrastarlas con su propio conocimiento es sin duda mediante la experimentación directa en un laboratorio. Sin embargo, no siempre es posible contar con los medios ni el tiempo suficiente para hacer experimentos para todos los contenidos del curso. Una forma práctica y más rápida de fomentar ese proceso intelectual en el estudiante es mediante las demostraciones de experimentos en el aula.

Una demostración es un experimento rápido que se lleva a cabo en el aula de clases, antes o después de haber tratado un tema particular. Este experimento debe ser elegido y preparado minuciosamente para, en primer lugar, incitar al estudiante a observar un hecho. Cualquier demostración, por más simple que sea, capta inmediatamente la atención de los estudiantes, fomenta su curiosidad y su capacidad de observación. Luego de la observación, viene el análisis, su interpretación de por qué sucedió lo que observó. Para ello, el estudiante contrasta lo observado con su conocimiento ya adquirido (ya sea adquirido durante el curso o a través de su propia experiencia). Si en este momento logra establecer una conexión con lo que ya conoce, entonces lo observado “tiene sentido” y lo acepta. Si, en cambio, lo observado contradice su conocimiento previo, se produce un conflicto que busca resolver, ya sea re-evaluando lo observado o cuestionando su propio conocimiento. Este ejercicio intelectual personal es exactamente igual a lo que hace la ciencia constantemente. Es importante, por supuesto, que el profesor guíe este proceso, que las observaciones no sean malinterpretadas, o que el conflicto que pudiera surgir con los conocimientos previos que tiene el estudiante se resuelva de manera adecuada.

Este proceso promueve que los estudiantes establezcan conexiones entre lo observado (nivel macroscópico) y los modelos abstractos (nivel submicroscópico) presentados en clase. En algunos casos, las demostraciones pueden incluso generar sentimientos de comunidad frente a algo que no logran comprender, los alumnos sienten una necesidad común por encontrar una explicación que satisfaga a todos. En estos casos, se puede fomentar discusiones que utilicen la simbología necesaria hasta alcanzar conclusiones de consenso.

Durante la preparación del curso, el profesor puede decidir incluir una demostración como introducción al tema a tratar o como conclusión de éste, según considere más efectivo. Asimismo, la explicación que finalmente plantee el profesor puede servir no solo para sacar conclusiones del tema y lograr que los estudiantes relacionen lo observado con su propio conocimiento, sino que puede ser también utilizado como ejemplo de razonamiento científico. El profesor puede utilizar la demostración para mostrar al estudiante su propia forma de pensar, primero notando las observaciones, los hechos, para luego analizar y vincular esta información nueva con temas presentados anteriormente, con otros fenómenos similares de la vida cotidiana o incluso con temas de otras materias. Así, ayudará al estudiante a reconciliar e

incorporar lo observado con su propio conjunto de conocimientos.

Un ejemplo de una demostración frecuentemente utilizada al tratar el tema del modelo del átomo es el de la coloración que imparten ciertos elementos al fuego, como muestra la figura 3. El efecto es claro y permite al alumno relacionar su propia observación con conceptos muy abstractos del modelo atómico (orbitales atómicos y cuantización de la energía). Cada elemento proporciona una coloración particular en función de la energía que puede emitir en forma de luz. En este caso, los iones de sodio producen una llama de color amarillo; los de cobre (II), una de color verde; y los de litio, un color rojo-carmín muy intenso. Los alumnos podrían, además, conectar este conocimiento a su propia memoria de largo plazo si ha visto alguna vez fuegos artificiales. A su vez, el profesor puede hacerles notar que, al quemar madera, se produce una llama de color amarillo (presencia de iones sodio) y, en cambio, la de la combustión del alcohol puro es casi invisible.

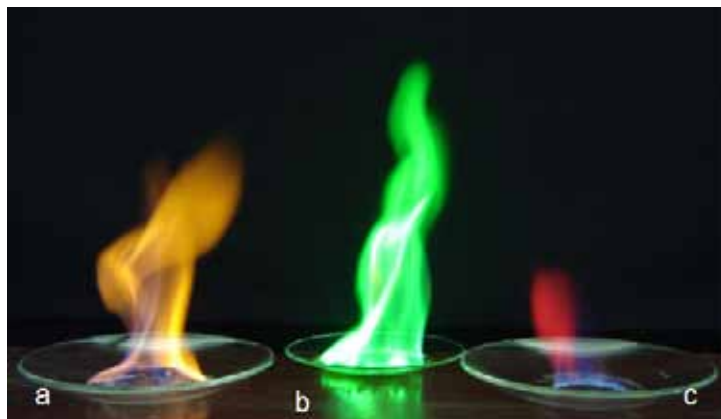


Figura 3. Coloración de la llama impartida por: (a) NaCl, (b) CuCl₂, (c) LiCl

Reflexiones finales

No hay duda de que la Química es una materia difícil de aprender, pues requiere de un gran esfuerzo intelectual del estudiante. En primer lugar, la recepción de información, ya sea de parte del profesor o por observación directa de hechos y fenómenos, luego, la interpretación, comparación y contraste con su propio conocimiento (distinto para cada individuo). Finalmente, para que el aprendizaje sea significativo, el nuevo conocimiento debe ser conectado con lo ya conocido. El aprendizaje de la Química se complica aún más pues requiere trabajar a nivel macroscópico (mundo físico) y a nivel sub-microscópico (átomos y moléculas), y utilizar un sistema de representaciones simbólicas (fórmulas, ecuaciones, etc.) y un nuevo lenguaje.

Para lograr el objetivo no hay ningún método perfecto. Durante la adaptación de la materia a contenidos pedagógicos, el profesor debe tener en cuenta distintas metodologías de enseñanza para seleccionar aquellas que le permitan facilitar el aprendizaje de los alumnos. Algunas metodologías serán más pertinentes que otras dependiendo del tema, de la audiencia, de los medios disponibles, etc. Y finalmente, la evaluación del aprendizaje de los alumnos es la que determinará la eficacia de los métodos usados.

En este sentido, por mi experiencia, el uso de demostraciones tiene efectos positivos múltiples, por un lado captan la atención del alumno, así, bien manejada puede generar intriga y curiosidad. En segundo lugar, motivan al alumno a observar, a notar detalles y a descubrir cambios. Dependiendo del tema a presentar y del experimento, la secuencia de demostración-explicación teórica se puede invertir: por ejemplo, para temas abstractos y conceptuales es más conveniente primero explicar la teoría y luego utilizar la demostración como una aplicación que la refuerce (como en el caso de la teoría atómica y la coloración de la llama mostrada en la figura 3). En cambio, para temas más sencillos y directos, simplemente se puede presentar primero la demostración (incluso involucrando la participación de algún alumno) y dejar que ellos planteen sus propias interpretaciones y deducciones. Estos planteamientos propuestos son un excelente punto de partida para introducir la teoría.

Un ejemplo de una demostración que es muy útil para este propósito es el efecto de la presión atmosférica sobre una lata de aluminio en la cual se genera vacío. Para ello se calienta una pequeña cantidad

de agua en una lata de aluminio (de gaseosa, por ejemplo) y luego, esta se coloca (invertida para no permitir el ingreso de aire) en un recipiente con agua fría. El efecto inmediato se puede ver en la figura 4 y usualmente impresiona a los alumnos.



Figura 4. Efecto de la presión atmosférica sobre una lata de aluminio: (a) Calentamiento de lata con una pequeña cantidad de agua en su interior; (b) Contacto de la lata calentada con agua fría; y (c) Lata comprimida por la presión atmosférica

En tercer lugar, otro impacto positivo de una demostración es que facilita que los alumnos establezcan lazos más perdurables entre la teoría aprendida y la vida real, pues se convierte en parte de su propia experiencia. En los casos en que sea complicado hacer una demostración, por razones logísticas, de seguridad o de costos, existen videos que pueden tener un efecto similar, pero generalmente deja una menor impresión en los estudiantes.

Es importante transmitir a los alumnos no solo el impacto de la Química en nuestras vidas y el desarrollo de esta ciencia, sino también su esencia, es decir, su naturaleza cambiante, perfeccionista. Una manera de hacer esto es exponiéndolos a los nuevos retos, lo que aún queda por descubrir. Por ejemplo, se pueden utilizar resultados simplificados de nuestras propias investigaciones para mostrar temas vinculados a los que se desarrollan en el curso. Es importante recalcar a los alumnos que hay temas para los que aun no se tiene explicaciones completas. Se puede empezar presentando primero el objetivo del estudio y su importancia, e inmediatamente mostrarles algunos resultados sin procesar de las pruebas llevadas a cabo. La figura 5 muestra los resultados de una investigación sobre modificación de plásticos con un plasma de aire. Las figuras muestran claramente la diferencia de afinidad entre el agua y la superficie antes y después de su modificación. Los alumnos son motivados a proponer sus propias interpretaciones luego de una breve explicación sobre lo que es un plasma. Así, tienen oportunidad de relacionar temas como polaridad de moléculas, grupos funcionales, fuerzas intermoleculares, etc., previamente presentados en el curso. Las ideas son comentadas y discutidas en el momento, propiciando la interrelación entre temas. Frecuentemente se originan propuestas muy creativas e ingeniosas. Esta exposición de los alumnos al ejercicio de la investigación, a temas aún desconocidos, puede lograr que algunos de ellos lo asuman como un reto personal y busquen contribuir con el descubrimiento de nuevo conocimiento.

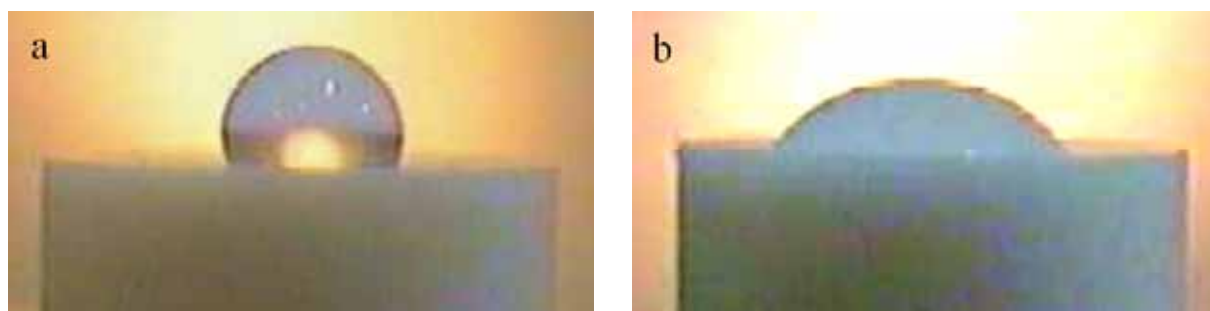


Figura 5. Gota de agua sobre una superficie plástica (a) y una superficie plástica modificada con un plasma de aire (b).

Por último, es importante que el profesor esté siempre atento y abierto a nuevas ideas, nuevas formas de abordar los temas, pues en el proceso de enseñanza, el aprendizaje no solo se da en el alumno, sino también en el profesor. El hecho de explicar y atender los problemas e inquietudes de los alumnos ayuda a profundizar y ampliar nuestra comprensión de la materia, y amplía nuestra propia memoria de largo plazo.

Referencias Bibliográficas

DEBOER, G.E.

2000 “Scientific Literacy: Another Look at its Historical and Contemporary Meanings and its Relationship to Science Education Reform” *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601.

JOHNSTONE, A.H.

2006 “Chemical Education Research in Glasgow in Perspective” *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (2), 49-63.

1997 “Chemistry Teaching: Science or Alchemy?” *Journal of Chemical Education*, 74 (3), 262-268.

SHULMAN, L.S.

1987 “Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform” *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.