



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**

94  
Leg

**TECNICAS DE ENSEÑANZA EXPERIMENTAL  
EN LA QUIMICA INORGANICA BASICA**



**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERA QUIMICA**

**P R E S E N T A :**

**MARIA CRISTINA MORAYTA FRANKLIN**



**MEXICO, D. F.**

**1995**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

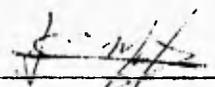
***Jurado asignado:***

<b>Presidente</b>	Prof. Graciela Müller Carrera
<b>Vocal</b>	Prof. Gustavo Garduño Sánchez
<b>Secretario</b>	Prof. Jesús González Pérez
<b>1er. Suplente</b>	Prof. Mercedes Llano Lomas
<b>2do. Suplente</b>	Prof. Horacio García Fernández

Sitio donde se desarrolló el tema: Facultad de Química, UNAM, México, D.F.

  
\_\_\_\_\_  
M. en C. Graciela Müller Carrera

  
\_\_\_\_\_  
Q. Mercedes Llano Lomas

  
\_\_\_\_\_  
Ma. Cristina Morayta Franklin

**"El dinero puede perderse o ser robado, la salud y la fuerza pueden fallar, pero lo que confiamos a la mente es nuestro para siempre."**

**P & P**

# **SIMPLEMENTE GRACIAS !!!**

A Dios.

A mis Padres, Miguel y Cristina, que con su ejemplo y cariño me guiaron hasta donde estoy.

A mis hermanos, Miguel y Benjamín, con los que he compartido algo más que mi vida.

A Malisa y Carla, que han sido para mí más que amigas, hermanas.

A mi asesora, Graciela Müller, por su ayuda y apoyo que además de profesional, fue personal.

A mis compañeros y amigos, con los que pasé duras horas de trabajo y angustia, pero también alegres momentos de sonrisas y triunfos.

A mis maestros.

A mi escuela.

A ti.

## Índice

<b>Capítulo 1.-</b> Introducción. ....	pág. 1
<b>Capítulo 2.-</b> Generalidades. Fundamentación de la enseñanza experimental. Tendencias a nivel mundial. ....	pág. 3
<b>Capítulo 3.-</b> Evolución histórica de la enseñanza experimental en la Facultad de Química (Química Básica). ....	pág. 32
<b>Capítulo 4.-</b> Análisis de las deficiencias básicas en la enseñanza experimental de la química básica. ....	pág. 48
<b>Capítulo 5.-</b> Propuestas de mejora de la enseñanza experimental. ....	pág. 63
<b>Capítulo 6.-</b> Conclusiones. ....	pág. 80
<b>Bibliografía.</b> ....	pág. 82

# **CAPÍTULO 1**

# **Introducción**

**"El libre acceso al edificio de la ciencia está permitido no sólo a quienes idearon el proyecto, trazaron los dibujos, prepararon los materiales o colocaron los ladrillos, sino también a todos aquellos que están ansiosos por conocer íntimamente el plan, y no desean vivir en sus criptas."**

**Dmitri Mendeleev**

## **Capítulo 1**

### ***Introducción.-***

Desde sus orígenes, el hombre ha tenido la necesidad de explicarse lo que le rodea, el por qué de tal o cual fenómeno, qué pasa si se combina una cosa con la otra y qué es lo que realmente está ocurriendo cuando se presentan cambios en la materia.

La historia de la química es muy extensa. Comienza desde que el hombre apareció en la Tierra y su afán por analizar y averiguar más allá de lo que puede simplemente percibir, dio lugar a la experimentación.

Actualmente el constante desarrollo en todos los ámbitos de la ciencia ha llevado a una gran demanda de crecimiento en este aspecto. Ya no se requiere únicamente de un cuarto pequeño y de dos o tres sustancias. Al conocer actualmente infinidad de compuestos se necesita una mayor preparación para poder manejarlos y mayor destreza en la manipulación del equipo e instrumentación creados para tal uso.

Esta preparación se da justamente en un laboratorio. Y no es una preparación que esté reservada para niveles avanzados, no son experiencias exclusivistas que se tengan que ganar a base de trabajos anteriores. Al contrario, la enseñanza experimental debe ser la base introductoria a cualquier

conocimiento científico, debe ser el "trabajo anterior" que lleve al estudiante a lograr un nivel de aprendizaje integral: abstracto y material.

En nuestros días, aunque ya se ha hecho mucho por la ciencia, falta mucho más por hacer. Esto se debe fundamentar en los primeros semestres de una carrera en la materia, ya que el estudiante de hoy va a ser el profesionista de mañana y debe tener los pies muy firmes en el camino que va a recorrer.

Existen ciertas deficiencias en los niveles básicos de la preparación experimental. Algunas graves, otras no tanto, pero aún así es muy importante prestarles la atención que demandan. La enseñanza en el laboratorio necesita reestructurarse para poder estar al nivel que el mundo actual nos exige.

Siempre existe la posibilidad de cambiar y qué mejor cuando un cambio es para bien. Hay muchas posibilidades y muchos caminos que se pueden tomar para mejorar algún aspecto que se considera insuficiente. Sólo se requiere analizar dichas fallas, buscar opciones de cambio y mejora y aplicar todo el esfuerzo posible para alcanzar las metas deseadas.

# **CAPÍTULO 2**

# **Generalidades**

**"Las cumbres de la ciencia (teórica),  
aparentemente, están flotando en las  
nubes, pero sus fundamentos  
descansan en los sólidos hechos de la  
experiencia."**

**R. B. Braithwaite**

## Capítulo 2

### ***Generalidades.- Fundamentación de la enseñanza experimental. Tendencias a nivel mundial.-***

El presente estudio se restringe a la enseñanza experimental de la química inorgánica básica impartida en el primer semestre de las Licenciaturas de Ciencias Químicas.

#### **Breve historia de la química inorgánica.-**

La historia de la química inorgánica es tan antigua como la historia de la raza humana. Nuestros ancestros sabían cómo fundir cobre para producir artefactos para cocinar y armas de bronce, y cómo utilizar las arcillas como materiales de construcción. De hecho, nombramos las edades del progreso humano en términos de la química inorgánica: la *Edad de Piedra*, la *Edad de Bronce*, la *Edad de Hierro* y por último la *Edad Atómica*.

La Edad Media no fue científicamente estéril, como mucha gente piensa. La fabricación del vidrio, la refinación del plomo y el cinc, el descubrimiento de los ácidos minerales y el uso de sustancias químicas en la medicina empezaron en este período. La mayoría de la atención "química" fue enfocada a la conversión de metales base en oro, pero gran cantidad del conocimiento químico fue obtenido por estos medios.

En el siglo XVIII, el mundo de la química fue dividido en dos categorías: química orgánica y química inorgánica. Se creía que los químicos solamente podían aislar y preparar compuestos inorgánicos -los compuestos orgánicos eran infundidos de una esencia vital, la cual se obtenía solamente de Dios. Los seres humanos, se creía, no podían realizar milagros semejantes.

Estos principios indudablemente decayeron porque los compuestos inorgánicos conocidos en ese tiempo eran materiales relativamente simples. Los metales habían sido conocidos y trabajados por cientos y, en algunos casos, miles de años. Los compuestos orgánicos, por otro lado, eran materiales muy complejos, y no se prestaban todavía al análisis químico. Como resultado, la química inorgánica predominó durante este período. Alrededor de 1820, eran conocidos cerca de 50 elementos, y sus compuestos más simples habían sido ya investigados.

En 1824 Friedrich Wöhler, llevando a cabo un experimento, donde calentaba cianato de amonio, un compuesto inorgánico, accidentalmente obtuvo urea, un compuesto orgánico.

Esto estableció a la química orgánica como un campo definitivo, y fue el primer paso de un largo período de declinación para la química inorgánica. Aunque la industria química aún se apoya en materiales inorgánicos como materia prima, la mayoría de las investigaciones de 1850 a 1950 se hicieron en el área de la química orgánica.

Esto no significa que la química inorgánica fue completamente ignorada en este tiempo. Werner, en los inicios del siglo XX desarrolló la teoría de las

valencias, la cual encabeza la teoría de coordinación existente en nuestros días.

Los esposos Curie fueron importantes en el descubrimiento de muchos elementos radioactivos y en la explicación de la reactividad. Gran cantidad de nuevos elementos fueron descubiertos por Nodack, Tacke y Berg.

En los tiempos modernos, la química inorgánica ha resurgido con gran fuerza. El crecimiento de la electrónica y la industria de la computación ha traído un enorme interés en la química del silicio, germanio, galio, indio y otros elementos de los grupos representativos. Algunos metales han sido encontrados en sistemas biológicos tanto como agentes activos en el transporte de oxígeno y energía, como en la regulación celular. Las redes metálicas han sido exploradas extensamente, debido a su habilidad para actuar sobre sistemas catalíticos. Se encontró que algunos de los gases inertes reaccionaban bajo amplias variedades de condiciones, siendo descubierto el primer compuesto en 1962 por Bartlett. Los primeros superconductores, capaces de funcionar por arriba de la temperatura del helio líquido, fueron descubiertos en 1986.

El inmenso campo de la química de los metales de transición floreció en 1951 con el descubrimiento del ferroceno por Pauson y Kealey y, separadamente por Miller, Tebboth y Tremaine. La química organometálica es una de las áreas de crecimiento más rápido de la química de nuestros días.

Es claro que con los compuestos conocidos y con los que se ha trabajado hasta nuestros días, la superficie ha sido apenas rasguñada. Nos falta mucho camino por recorrer y éste no puede ser andado sin la ayuda tan valiosa que representa la investigación en el campo de la química inorgánica, estando ésta

estrechamente ligada a la importancia que se le dé al laboratorio, empezando por los niveles primarios de preparación, como son los primeros semestres de cualquier carrera que involucre a las ciencias químicas.

El alumno, en primer semestre, debería embarcarse en un viaje excitante, usando herramientas y métodos desconocidos para investigar nuevos mundos en la química. En este punto se tienen dudas. Parece ser imposible trabajar eficientemente a pequeña escala, pero la química trabaja bien y da al estudiante un acceso a una amplia variedad de experiencias de aprendizaje que de otra forma no serían posibles.

Todas las tareas empiezan con pasos simples y el laboratorio es una más de ellas, complicándose poco a poco y siendo un capítulo en la vida del estudiante de química que se puede convertir en algo agradable sin dejar de ser educativo.

#### **Fundamentación del Laboratorio de Química General Inorgánica.-**

El laboratorio de Química General Inorgánica contribuye a la construcción de una plataforma de conocimientos para cimentar las diversas áreas de la Química y proporcionar instancias para el desarrollo de destrezas básicas en el trabajo experimental.

El diseño de este laboratorio implica el aprendizaje a partir de la observación, planeación, ejecución, registro e interpretación crítica y sistemática de los resultados experimentales. Se desarrollan las capacidades

intelectuales y las destrezas y habilidades necesarias para planear trabajos experimentales, ejecutarlos, observarlos y analizarlos críticamente, detectar las posibles fuentes de error y aprender a partir de los errores cometidos y, con todo esto, poder plantear nuevos asuntos para investigar.

Una primera orientación en la enseñanza de la química experimental consiste en diferenciar en forma clara y conveniente los dos tipos representativos de la química -inorgánica y orgánica- los cuales, según algunos autores, son asimilables a los dos tipos extremos de enlace -electrovalente y covalente- que corresponden a dos tipos extremos de sustancias y de reacciones, a dos clases diferentes de técnicas y de mentalidad de trabajo.

Dichos autores piensan que la característica peculiar de cada tipo de sustancia deriva del tipo de *enlace*, el cual depende de la forma de combinarse o de atraerse los electrones de valencia de la capa externa. La química inorgánica es, según estas teorías, la química del enlace electrovalente, a pesar de la declaración de Linus Pauling, según la cual no hay enlace electrovalente puro ni covalente puro sino que, siempre, cualquiera de ellos participa en cierta medida de ambos tipos; aunque la posición tan tajante de estas teorías es muy debatible.

Las teorías que marcan la separación de la química inorgánica y de la química orgánica de acuerdo al tipo de enlace, no son completamente válidas en nuestros días, ya que se ha visto que hay gran variedad de compuestos inorgánicos que presentan un enlace covalente, lo que pone en duda los principios de estas teorías, sin embargo, es una forma de empezar una división,

no siendo ésta la única. Existen otras características que delimitan la separación de las químicas y éstas son las que nos interesan, más que el tipo de enlace.

Ambos tipos extremos -de sustancias, de reacciones- representan también dos tipos extremos de formas de experimentar y de técnicas, según estos autores.

Las sustancias iónicas -enlaces electrovalentes, en grado predominante compuestos inorgánicos- suelen ser solubles en el agua y sus soluciones acuosas conducen la electricidad.

Parte de la química inorgánica a nivel básico se enseña en vehículos acuosos. La electricidad es una herramienta indispensable para la experimentación y no sólo un medio mecánico.

Las sustancias inorgánicas iónicas forman redes cristalinas regulares con fuerzas elevadas de enlace, por tratarse de atracciones electrostáticas entre iones. Por esto, son importantes las altas temperaturas en las reacciones inorgánicas, pues se requieren elevadas cantidades de energía para separar los iones unos de otros. Un laboratorio inorgánico utiliza fuego o calor eléctrico, mecheros, sopletes, hornos, que no requieren de protección especial.

Así, se pueden enumerar múltiples características exclusivas de compuestos inorgánicos que determinarán la forma y accesorios del laboratorio en el que se van a trabajar.

Una reacción química es un fenómeno en el que se modifica la forma de unión de algunos átomos: se rompen ciertos enlaces y se establecen otros. Puesto que el enlace químico está condicionado por electrones de formas distintas, seguir el curso de las reacciones es tanto como ver el destino de los electrones que participan en los enlaces afectados. En teoría, en el papel, esto es un ejercicio mental interesante, pero la realidad práctica suele tener formas muy variadas de manifestarse.<sup>1</sup>

Las reacciones inorgánicas más abundantes y más típicas son las de intercambio iónico, por atracciones eléctricas de signos opuestos que se llevan a cabo en vehículos acuosos, en forma instantánea, cuantitativa y, en general, en frío. En su gran mayoría no son afectadas por catalizadores.<sup>1</sup>

Estas condiciones de rapidez, totalidad e independencia de la temperatura son las que determinan el análisis en el laboratorio.

Todas las técnicas de aprendizaje práctico de la química se reducen a dos fines experimentales: analíticos y preparativos. En general, las técnicas analíticas resultan más baratas que las preparativas, sin embargo, si sólo se atiende a la formación analítica, se producirá una enseñanza incompleta, por esto, la formación analítica se puede calificar como necesaria, pero no suficiente.

Se entiende por formación preparativa la producción de sustancias en cualquier nivel o dimensión. Ésta representa el mejor aprendizaje experimental

---

<sup>1</sup>Francisco Girál, "Enseñanza de la Química Experimental".

y profesional, ya que constituye la base de la producción industrial, que es uno de los fines más importantes de la profesión.

Alrededor de las preparaciones o síntesis hay que desplegar la mayor cantidad y variedad de esfuerzos técnicos, económicos e imaginativos. Por esto, es frecuente que se preste menor atención en la programación de las prácticas preparativas y que se presten a alteraciones y engaños.

A veces, una técnica puede ser común al aspecto analítico y al preparativo, por lo que es necesario hacer una distinción entre cada uno de los procedimientos. Esta diferencia consiste en el manejo de los volúmenes y en el fin destinado al producto: en un caso (analítico) se determina con precisión el contenido, sin tener necesidad de aislarlo, y en el otro (preparativo) se recoge la sustancia y lo que interesa es el rendimiento y la calidad.

En un laboratorio básico se empieza por el estudio de las *propiedades físicas de la materia*. Pesos atómicos y moleculares, pureza y constantes de las sustancias; todas son finalidades analíticas. También hay que medir las reacciones con fines analíticos y, de vez en cuando, con fines preparativos. Para esto, se aprenden las bases físicas de los principales métodos preparativos: la temperatura como regulador de las reacciones, la cristalización, la destilación en sus diferentes formas, la sublimación, la extracción con disolventes no miscibles, la preparación de emulsiones y soluciones, oxidaciones y reducciones, en fin, se llega a dominar las principales aplicaciones de la física a la química en cuanto a constantes físicas específicas: solubilidades, puntos de fusión, ebullición, sublimación, densidades, constantes térmicas, viscosidad, etc...

Toda la enseñanza de la química tiende a un equilibrio entre la química pura y la química aplicada. Dicho equilibrio implica enseñar las condiciones económicas, los rendimientos, la disponibilidad de materias primas, el valor práctico de los productos y la situación real de sustancias y reacciones.

Lo primero que se hace es adquirir un sentido responsable sobre el valor de éstas. No es suficiente con aprender toda la gama de procesos técnicos con una base teórica y hasta con muy bien fundados mecanismos de reacción, sino que además se complementa el aprendizaje con un sentido económico y práctico de la situación real.

Se hace sentir la enorme diferencia que hay en las distintas calidades de una misma sustancia química, y se requiere un esfuerzo para aprender a utilizar la calidad adecuada en función del fin al que se destine el producto. Algunas veces, la calidad se determinará por el objetivo analítico o preparativo. Si el análisis es cualitativo o cuantitativo, la calidad de los reactivos puede variar y reflejarse en el precio de distintos modos. Si se trata de preparaciones, se debe tener en cuenta el objetivo industrial o biológico. Hay sustancias que llegan a ser dañinas al organismo, en el caso de compuestos medicinales; o al medio ambiente, si se trata de un producto destinado a tener contacto con la naturaleza; asimismo, no es necesaria una pureza perfecta en compuestos cuyo fin es ser materias primas de otro proceso.

En todo esto, también son tomados muy en cuenta la accesibilidad y el rendimiento de los procesos de obtención, así como la factibilidad de las materias primas necesarias para llevar a cabo el experimento. La combinación de materias primas, rendimientos y procesos constituye la evaluación completa

de una reacción con un criterio de economía química. De ahí puede deducirse que el mejor procedimiento puede ser postergado en beneficio de otro.

Para llegar a conocer cuál es el "mejor procedimiento" y en lugar de cuál se va a postergar, es necesario adquirir un criterio con base en la práctica que se llega a obtener en el laboratorio, observando, intuyendo y concluyendo.

La química básica o química general tiene categoría de introducción. En este tipo de enseñanza se permiten y en ciertos casos se recomiendan los trabajos de laboratorio en grupos, por equipos, así como los experimentos de cátedra. El trabajo en grupos, para principiantes, es recomendable porque da mayor seguridad contra los riesgos variados de la experimentación química, sin embargo, puede llegar a restar gran parte del aprendizaje individual e iniciativa que es necesario que se cultive en el alumno.

La individualidad se combina con el trabajo en equipo. El trabajo del vidrio (doblar, estirar, soldar), las reacciones analíticas cualitativas en tubo de ensayo o al toque, las determinaciones cuantitativas analíticas (volumetrías) o físicas (puntos de fusión, densidades), así como operaciones fundamentales simples (cristalización, filtración) son trabajo individual. Operaciones fundamentales que requieren montaje de aparatos (destilación) o preparaciones elementales con iguales requisitos, se realizan como trabajo en grupos organizados, con la participación individual de cada estudiante en cada una de las fases del proceso.

La enseñanza experimental de la química sólo puede ser efectiva dando al alumno la oportunidad de un trabajo personal, individual, intensivo y

concentrado. Esta idea implica la necesidad de dedicar más tiempo a la práctica que a la teoría, de dedicarle una gran cantidad de paciencia y atención preferente. Es posible mejorar notablemente la enseñanza práctica si se le otorga suficiente tiempo, espacio y medios de experimentación.

La uniformidad, la responsabilidad, la armonía y el equilibrio de la integración de la enseñanza teoricopráctica depende de que los directores y profesores en las escuelas sean capaces de dar una fluidez adecuada a la enseñanza completa.

#### **Instalaciones generales en un laboratorio de química.-**

Empezando por el espacio que ocupa un laboratorio, éste es un lugar adaptado, específicamente a la experimentación química, en este caso inorgánica. Se provee con los servicios técnicos necesarios y cuenta con la organización adecuada. La parte de seguridad es primordial. Una escuela en donde se enseñe química que no tenga una previsión eficaz para evitar el riesgo de un incendio o un sistema real de atajarlo a tiempo, es un lugar en donde destaca la ficción en la enseñanza.<sup>1</sup>

Cada laboratorio es especial de acuerdo a sus fines específicos. Cuenta con los aparatos, reactivos e instalaciones necesarias para llevar a cabo los experimentos que involucren los conocimientos de la materia específica y para llegar a los fines preestablecidos de la misma.

No importando la especie de laboratorio que sea, todos tienen una buena campana con un extractor eficiente, ya que es necesario practicar muchas reacciones aisladamente, sean de la naturaleza que sean, por desprendimiento de gases o vapores irritantes, lacrimógenos, malolientes y en algunos casos tóxicos.

Un aspecto importante son las mesas de laboratorio. Aparte de las gavetas, lo más discutido es la superficie horizontal de trabajo. Lo corriente y más aceptado es el tablero de madera, recubierto por una capa de negro de anilina, dando espacio suficiente a los alumnos. "No puede haber más alumnos de química que plazas individuales de trabajo".<sup>1</sup>

Los laboratorios de química necesitan una serie de servicios generales: agua, desagües, gas, electricidad y vacío.

El *agua*, que parece lo más simple, puede convertirse en un problema en donde escasea, ya que es un compuesto vital en un laboratorio donde se practica la química. En tres sentidos se necesita agua en abundancia: agua circulante para enfriar o lavar, como participante de una reacción como disolvente o como reactivo y, en algunos casos, para producir vacío.

Los *desagües* tienen ciertos requerimientos técnicos. Empezando por las pilas, lavaderos o tarjas, que son de materiales resistentes a ácidos, álcalis y disolventes orgánicos variados, así como también ofrecen cierta resistencia a la temperatura.

El llamado *vacío* constituye una de las herramientas más útiles, como servicio general, de los laboratorios químicos para filtrar, destilar y enrarecer atmósferas en reacciones especiales.

Existen recursos para prevenir y tratar accidentes. Los accidentes específicos más frecuentes con que el químico se puede tropezar en el laboratorio son: incendios y quemaduras, heridas pequeñas (principalmente por vidrio), daño en los ojos e intoxicaciones por gases u otras sustancias.

Es imprescindible una enfermería con atención médica permanente, por lo menos de grado de primeros auxilios. Pero siempre, el estudiante debe saber como proceder ante los accidentes frecuentes, lo mismo si está solo que si tiene que atender a un compañero.

Las intoxicaciones no son de efecto fulminante y dan tiempo, en cualquier caso, de llegar a la enfermería y someterse al tratamiento médico. El manejo de gases tóxicos o de compuestos volátiles irritantes o lacrimógenos, se prevé no sólo trabajando en campanas o vitrinas sino teniendo a mano cualquier sustancia que lo neutralice o destruya. También es necesario considerar el uso de caretas o cámaras antigás.

Todo laboratorio necesita además un botiquín para la atención primaria de los accidentes más comunes.

Lo primero es la seguridad en el laboratorio. A pesar de todo, los accidentes pueden ocurrir, por lo que es necesario tomar las precauciones adecuadas para que no se conviertan en algo grave y sin solución. Lo más

común, son los accidentes con fuego, por lo tanto, en cada laboratorio se cuenta con cierto número de extinguidores estratégicamente colocados. Existen varios tipos de extinguidores, dependiendo de la naturaleza del fuego. Se necesita hacer un estudio para determinar cual es el tipo de extintor que más conviene a cada laboratorio.

#### **Tendencias de la enseñanza experimental a nivel mundial.-**

La ciencia química es conocida y trabajada en todo el mundo; los principios son los mismos, se manejan hasta cierto punto el mismo tipo de sustancias, pero las condiciones existentes en cada país son completamente diferentes.

Los experimentos que se realizan en un laboratorio químico dependen en gran medida de las condiciones atmosféricas del lugar -presión, temperatura- las cuales cambian de acuerdo a la ubicación -latitud, longitud, altura- de la zona geográfica en que se está trabajando.

Algo tan simple como ubicar un punto diferente en la superficie terrestre puede afectar de manera drástica los resultados de un experimento. Ésta es una de las principales causas que provocan que se trabaje de manera diferente en distintos países; además de ideologías, técnicas, recursos, avances tecnológicos, etc. que cambian de un lugar a otro.

Hay problemas técnicos específicos derivados de la situación geográfica. El primero es la altura a la que se encuentra una ciudad importante, que puede afectar la experimentación química, empezando por algo tan simple como es el punto de ebullición del agua.

Éste es un aspecto muy importante, ya que proporcionalmente, cualquier disolvente disminuye también su punto de ebullición y, teniendo en cuenta que la mayoría de las reacciones por colisiones entre sustancias están activadas por la temperatura de ebullición de un disolvente determinado, las modificaciones en los puntos de ebullición de los disolventes, afectan a la velocidad de reacción.

De menor importancia, aunque también debe ser tenida en cuenta, es la humedad, sobre todo si concurre con la temperatura y, eventualmente, con la misma altura.

Observando que hay cambios tan grandes en las cifras que representan las condiciones atmosféricas, podemos deducir de esto que, forzosamente, deben cambiar también las condiciones de experimentación en los laboratorios.

Además de las condiciones atmosféricas que afectan a la experimentación, existen otros factores importantes, como se dijo antes, que serían: diferencias en ideología, educación, tecnología, etc. Es decir, formas de hacer las cosas en general.

## ■ Gran Bretaña.

En Gran Bretaña, en 1926, donde existían comunidades universitarias más pequeñas y menos diversas, Russell<sup>2</sup> deploraba la "intromisión de escuelas técnicas en los hábitos de verdadero aprendizaje" y "las tendencias lamentables (en las nuevas universidades) a insistir en la asistencia a las cátedras", lo cual vio que ocurría porque ellos daban una apariencia de trabajo como hombres de negocio que podrían ser ídolos para los demás. Él apoyó firmemente la investigación y las destrezas de enseñanza formal en donde el maestro sabía perfectamente lo que era su materia. El reporte Eaborn<sup>3</sup> de 1970 reveló gran preocupación acerca del entrenamiento vocacional y una reciente investigación indicó que la posición era muy parecida a la que prevalece en las universidades australianas. Las dos situaciones, siendo tan parecidas, no deben sorprender a nadie, conociendo la "conexión umbilical" que ha sobrevivido tanto tiempo desde la formación de la "Commonwealth", creada hace cerca de 80 años.

En 1939 Bernal<sup>4</sup> consideró las conferencias anacrónicas como una pérdida de tiempo, dudando del valor de éstas como una contribución a la apreciación del método científico o a la habilidad para resolver problemas, siendo críticas para el tratamiento de los alumnos que se iniciaban, los cuales, creía él, estaban pobremente supervisados y explotados. Él pensaba que la universidades deberían de volver a adoptar un papel en la enseñanza tradicional en las ciencias y apartarse de un sistema que inhibe los cambios curriculares y en el trabajo de laboratorio, no sólo en las universidades, sino también en las escuelas secundarias y preparatorias.

<sup>2</sup> Bertrand Russell "On Education", Londres.

<sup>3</sup> Reporte del Comité de Encuestas dentro de la relación entre los cursos universitarios de química y las necesidades de la industria. Real Instituto de Química.

<sup>4</sup> J. D. Bernal, "The Social Function of science", Londres.

En 1971 el Jefe del Consejo Inglés para la Política Científica decía que era probable que no hubiera ninguna conexión entre la enseñanza y la investigación; y que como el número de instructores de laboratorios de ciencias estaba declinando, deberían de ser reemplazados por asistentes de investigadores, los cuales, en valor, formarían el mismo número de instructores perdidos.

Sin ahondar mucho más en esto, al menos es importante considerar las circunstancias que rodean a los alumnos investigadores como una tolerancia sobre sus esfuerzos en los laboratorios, para este caso, desempeño subsecuente como profesores terciarios. De los Estados Unidos y de otras partes, llegan reportes de arreglos formales para el entrenamiento de los estudiantes en la investigación y en métodos de enseñanza y desarrollos de cursos, aunque no sin oposición.

En 1972, uno de los reportes dados en un simposio en el Reino Unido, mostró una situación no muy diferente que en los Estados Unidos. Había poca integración con las cátedras y un buen trato de la supervisión, quedando el trabajo de calificar en manos de los demostradores. Los proyectos de trabajo, de todas las formas de instrucción de laboratorio, mejoraron en términos del interés de los estudiantes, pero tristemente, se vio que el éxito en los exámenes se veía amenazado por el hecho de que los estudiantes más entusiastas pasaban mucho tiempo en los proyectos.

Hubo otra vez pláticas sobre el engaño, las técnicas pobres y la seguridad en el laboratorio. Una estudiante, en la misma reunión, reportó un estudio hecho en su universidad, por el cual ella había encontrado que existía

una oportunidad muy pobre de llevar a cabo los objetivos del trabajo de laboratorio sin que los estudiantes fueran informados sobre éste de antemano y, si esto era hecho, las cosas no mejoraban porque los académicos eran más propensos a reconocer que sus instituciones estaban por debajo del promedio mundial, en vez de hacer algo por solucionar este problema.

■ **Australia.**

El primer curso de química en Australia fue dado en Sydney en 1840, basado en cursos de universidades escocesas y de el Colegio Universitario Londres. Parece que otros lugares estaban bajo una nube por este tiempo.

El apoyo de las conferencias raramente existe. Los exámenes prácticos son extensamente aplicados; se designaban como: "examinar qué puede desarrollar actualmente el candidato bajo las mismas condiciones que él encontraría en la práctica y dentro del alcance de una buena librería química". Lo que sucedió fue que los exámenes se convirtieron en una competencia entre alumno y examinador.

Aproximadamente un año después de la Segunda Guerra Mundial, más o menos cuando los físicos desaparecieron del núcleo, se vio en el "Journal of Chemical Education" que el DDT y los defoliantes se reclamaban como créditos químicos. Había cursos sobre la guerra química y el editor era un personaje izquierdista inglés.

Los jóvenes académicos y otros estudiantes no tan jóvenes, retomaron las intenciones de viajar al Reino Unido para hacer estudios de posgrado. Se establecieron programas locales de cursos de ingreso y se transformó la tercera ala del Colegio Técnico de Sydney, bajo una serie de títulos, dentro de la universidad de New South Wales.

El Colegio Técnico de Sydney, era en ese tiempo dirigido por un ingeniero químico canadiense entrenado en Alemania, llamado Murphy, quien era notable en un gran número de aspectos, incluyendo la fundación del primer curso de Ingeniería Química en el British Commonwealth y el levantamiento de un nuevo edificio de química, con un sótano y un piso extra que no se muestra en los planos del arquitecto.

El emérito profesor Barclay, como profesor de la fundación de química en la universidad de Macquarie, introdujo un sistema tutorial basado en laboratorios, eliminando por completo conferencias formales y exámenes. Esas conferencias de Barclay servían de preparación para un muy temido examen que demandaba el uso de un enorme portafolios de información química. El índice de fracaso fue considerable. El concurso siguió siendo en el laboratorio, ahora centrado en una secuencia de "reactivos desconocidos".

Algunos estudiantes tenían acceso a misteriosos instrumentos y reactivos exóticos que podían ayudar, pero frecuentemente estorbaban porque estos métodos más sensibles y sofisticados tendieron a producir respuestas equivocadas. La primera aproximación estándar fue el examen comparativo, por el cual, uno comparaba el color de la sustancia desconocida con otras ya clasificadas y correctamente especificadas. Los demostradores, provenientes de

la industria, en las clases vespertinas, tenían una tendencia a mezclar métodos innovadores en el laboratorio, modificando procedimientos en el camino e involucrándose al demostrar su experiencia profesional.

Hay una grieta considerable entre el laboratorio para estudiantes y el mundo real de la ciencia, acerca de la cual Bronowski<sup>5</sup> escribió: "Podemos practicar ciencia solamente si valoramos la verdad". Y parece, por lo tanto, muy obvio que si la enseñanza en el laboratorio existe para ayudar al éxito de las ciencias, deba hacerse algo para remediar la situación donde los estudiantes, que nunca toman el camino corto, son tomados como inexpertos o como retrasados mentales.

■ **Tailandia.**

En 1965 la UNESCO estableció en la universidad Chulalongkorn en Bangkok, Tailandia, el Proyecto Piloto para la Enseñanza de la Química en Asia, bajo la dirección de Laurence Strong<sup>6</sup>. El proyecto fue uno de un número apoyado por el programa regular de la UNESCO en un intento imaginativo para asistir al establecimiento y mantenimiento de los programas de ciencia en los países desarrollados.

Éste consistió en un curso de verano para estudiantes y profesores de la universidad, en el que trabajaron de manera conjunta para llegar a los objetivos por ellos planteados.

<sup>5</sup>J. Bronowski, "The Identity of Man", Londres.

<sup>6</sup>Profesor de química, cabeza del departamento de química en el colegio Earthen en Richmond, Indiana, E.U.A.

En el proyecto, el objetivo principal fue fomentar el uso del laboratorio como un espacio formador de conceptos en diferentes áreas. Cada área fue analizada en términos de conceptos básicos y después fueron investigados los sistemas químicos en el laboratorio como posibles bases para ejercicios ilustrativos, instrucciones programadas u otros medios de enseñanza.

En dicho proyecto hubo algunos factores que contribuyeron de manera favorable:

- Líderes de grupos locales y supervisores de laboratorio, quienes habían sido extensamente involucrados en el diseño y desarrollo de los ejercicios de laboratorio. Esto derivó en confianza y entusiasmo.

- Se hablaba el mismo lenguaje. Así, podían tratarse informalmente con su propio grupo de trabajo.

- Cada participante estuvo involucrado en una parte contribuyente de datos disponibles para todo el grupo.

- Los ejercicios fueron organizados en lo posible en una secuencia lógica.

- Para el proyecto, hubo una actividad principal, hacia la cual todos los esfuerzos y facilidades fueron dedicados.

Ésta fue una actividad que, además de proveer un material mejor para los maestros, generó práctica en la resolución de problemas de tipo real y abrió una visión nueva de oportunidades de investigación.

El Proyecto Piloto prevaleció hasta finales de 1970 con la distribución de un periódico regional y una variedad de materiales de enseñanza prototipo. Además, se conectó con otros movimientos alrededor del mundo, lo cual derivó en la formación de una red de trabajo de productos naturales regionales y en la relación entre educación, aplicación e investigación.

■ **Sri Lanka.**

A finales de 1968 se creó un proyecto similar al de Bangkok. La aproximación y formato fueron en gran parte los mismos que en Tailandia, llevando a una feliz combinación de gente investigadora y universitaria con un grupo del Ministerio de Educación. Los maestros eran considerablemente diversos y hubo muchas sugerencias de proyectos escolares y promesas de asistencia profesional.

El sistema tenía un potencial enorme, pero no siempre es fácil para la gente condicionada a métodos de enseñanza más convencionales, adaptarse a esto. Se puede encontrar difícil delegar las enseñanzas actuales y las funciones de valoración a tutores y, al mismo tiempo, distinguir un papel útil para ellos mismos. Los tutores, sin ayuda y coraje, pueden fácilmente caer en la separación convencional de cátedras y trabajo práctico aunque permanezca el pequeño beneficio del trabajo en grupo.

La fuente principal de asistencia en el área de desarrollo ha sido la de los tutores. Resuelve los problemas de integración, elimina los sentimientos de duda en una atmósfera íntima y establece y mantiene un buen contacto entre los estudiantes, además de que permite en un momento dado "aprender de los aprendices".

Ahora se ha desarrollado una escuela de verano para algunos estudiantes seleccionados de las escuelas metropolitanas. El grupo de gente que participa está formado por conferenciantes, tutores de tiempo completo y estudiantes elegidos.

■ **Jordania.**

En 1975-76 la UNESCO designó un grupo de gente a la universidad de Jordania para realizar el segundo trabajo regional en la enseñanza de laboratorio. El curso se convirtió en un ejercicio diseñado para evaluar un local de experimentos de laboratorio como un lugar provisto de lo necesario para realizar un curso de laboratorio en el primer año de enseñanza y, al mismo tiempo, entrenar a los demostradores y técnicos requeridos. En el evento, aunque esta preparación contribuyó grandemente a mejorar el trabajo técnico y organizacional, los beneficios reales se dieron a notar en pruebas piloto con los estudiantes de primer año. Ellos se mostraron confiados e interesados.

Jordania tiene un medio ambiente fascinante. El Mar Muerto se encuentra a unas 40 millas de donde está situada la Universidad (Amman). Los análisis hechos del agua de éste y de los alrededores abrieron enteramente un

nuevo campo de interés general: la enseñanza directamente en el campo. Los estudiantes se mostraron más entusiastas al aplicar sus conocimientos en algo que ellos podían palpar, y no en algo de lo que les habían hablado, pero que sólo conocían por haberlo visto en "una botella puesta en la repisa".

■ **Estados Unidos.**

La experimentación sigue siendo la tradicional en la mayoría de las escuelas, con manuales de laboratorio fechados en días posteriores a la Segunda Guerra Mundial. Las modificaciones se reflejan en las mejoras de la tecnología: balanzas exactas, botellas plásticas resistentes, espectrómetros simples, etc. El enorme aumento en la población estudiantil ha causado la muerte de los experimentos en donde se usaban sustancias químicas muy caras, y el incremento de la preocupación por la seguridad y la limpieza del aire ha modificado o eliminado el uso de sustancias químicas dañinas como el H<sub>2</sub>S y el benceno.

Muchos departamentos directivos están posponiendo el trabajo de laboratorio en favor de cursos de servicio hasta el segundo semestre y algunos han eliminado los laboratorios introductorios tradicionales por razones monetarias, usando el argumento de que tales experimentos tradicionales son obsoletos y no muestran la química como es hoy en día. Otros argumentan que la experiencia directa y tangible con las sustancias químicas, como la que maneja experimentos como ignición de hidratos, análisis con indicadores, separaciones e identificación de características, es parte de los esquemas de la química tradicional. Muchos esfuerzos individuales se están desarrollando para

diseñar un trabajo experimental, en el cual se promueva la investigación de una parte del estudiante, provoque curiosidad y cree motivación para el estudiante y el maestro para buscar resultados de los cuales se saquen conclusiones.

Se han creado experimentos de laboratorio simulados. Utilizando lecciones básicas de computación, se propone mejorar el rendimiento de los estudiantes desarrollando programas de experimentos llevados a cabo en el laboratorio. Algunos departamentos están experimentando con ejercicios simulados de laboratorio usando terminales de computadoras para reemplazar el trabajo de laboratorio en los cursos introductorios.

Muchas universidades dan cursos introductorios específicos para técnicos de laboratorio. La "American Chemical Society"<sup>7</sup> ha publicado un curso en tecnología de la química moderna. La motivación es el opuesto al curso introductorio general. El énfasis aquí está en qué puede uno hacer físicamente en el laboratorio. La teoría es empleada como apoyo para ayudar a los técnicos a entender las razones de lo que observan y manipulan.

Algunas universidades fraccionan a sus estudiantes dando cursos especiales "más profundos" a más del 10% del total de sus estudiantes. En la universidad de Illinois se ha diseñado un plan de trabajo de laboratorio para entrenar a los estudiantes para que alcancen inmediatamente estándares profesionales. Este involucra sesiones de laboratorio de 34 horas y sesiones de cátedra de 31 horas en un año académico.

---

<sup>7</sup>Robert Peacock y Kenneth Chapman, Washington, Modern Chemical Society.

El crecimiento de la instrucción básica de computación ha permitido la creación de programas en muchas instituciones para la simulación de "experimentos" de laboratorio en donde los estudiantes pueden relacionarse por ellos mismos con los procedimientos del laboratorio y aprender cómo tratar con los resultados por medio de una terminal de computadora. El estudiante, tocando una parte que quiere mover y, después, el lugar en donde quiere poner ese instrumento, puede ensamblar un aparato completo. Él entonces da instrucciones a la computadora para llenar un recipiente con una mezcla, calentar y cortar las fracciones del destilado. La computadora determina la composición de cada fracción y así el estudiante ha realizado una destilación satisfactoria.

Para introducir al gran número de estudiantes a los fenómenos químicos, existen colecciones de demostraciones conferenciadas disponibles en videos y cassettes, esto para evitar la poca atención que se le podría dar al alumno en un grupo excesivamente grande, o para realizar experimentos que pueden ser peligrosos.

■ **U.R.S.S. (hasta 1985).**

La instrucción de la química incluye cátedras, seminarios y cursos de laboratorio. Como en cualquier otro proceso educacional, todas estas formas de instrucción están interrelacionadas, dando las bases de una educación de comprensión general. Cada parte del proceso tiene sus tareas particulares, contribuyendo al éxito de la educación. Pero, mientras se desarrolla su función general en el proceso de aprendizaje, cada forma de instrucción desarrolla su

propia función determinada por lo específico de su actividad cognoscitiva (teórica, práctica, experimental).

**Funciones y tareas de un curso de laboratorio:**

1. Enseñanza por maestros que dominen sus destrezas experimentales individuales.
2. Desarrollo del pensamiento teórico-químico.
3. Enseñanza de destrezas del trabajo de investigación científica.
4. Exposiciones experimentales de suposiciones teóricas de una ciencia en estudio (unidad de la teoría y la práctica).
5. Desarrollo de destrezas de organización de la observación científica.
6. Desarrollo de destrezas y conocimiento de los principales componentes del trabajo experimental.
7. Desarrollo de destrezas en el trato con técnicas experimentales, equipo y reactivos.
8. Inculcación de la disciplina y responsabilidad en el trabajo.

Una clase en el laboratorio es precedida por un seminario donde el material teórico concierne a las tareas de laboratorio es discutido. Después viene el trabajo práctico, el cual puede ser realizado solamente con la presencia de un maestro, quien determina el rendimiento de un estudiante después de una discusión preliminar o mediante un examen programado. Cada estudiante toma notas en una libreta de trabajo donde todas las observaciones de trabajo son anotadas brevemente pero objetivamente. Las libretas son entregadas al profesor, quien conduce la discusión de los resultados para comparar. Entonces, se realiza un coloquio una vez por mes para discutir dudas y resultados generales.

Todo el trabajo de laboratorio es, por regla general, individual, aunque en algunos casos, el trabajo en grupo no es sancionado. En ambos casos, cada estudiante es responsable de su trabajo.

El desarrollo de la química llama a cursos de laboratorio más complejos. Las tareas impuestas deben tomar en cuenta el nivel científico. Entonces, el problema del contenido de un curso de laboratorio es muy importante y requiere de atención constante. Para proveer de un nivel científico adecuado al trabajo práctico, se deben incluir todos los aspectos importantes del curso.

En los primeros años, el curso de laboratorio es una parte bien organizada de una educación general. Los estudiantes reciben instrucciones concierne a cada laboratorio y en el desarrollo de éste, van adquiriendo mayores niveles de conocimiento. Como una regla, la instrucción precede al trabajo de laboratorio. Gradualmente, a pesar de esto, esta correlación cambia.

Un estudiante trabaja en los problemas que aún no han sido tocados en las cátedras.

Así, la situación deriva en un estudio independiente y en el desarrollo de una tarea que se convierte en el factor dominante en el trabajo del estudiante.

# **CAPÍTULO 3**

# **Evolución histórica**

**"No está en la naturaleza de las cosas  
que el hombre realice un  
descubrimiento súbito e inesperado; la  
ciencia avanza paso a paso y cada  
hombre depende del trabajo de sus  
predecesores."**

**Sir Ernest Rutherford**

## **Capítulo 3**

### ***Evolución histórica.-***

El estudio de esta evaluación histórica se hizo en dos etapas:

a) Recopilación de datos cronológicos de los cambios en los planes de estudio.

b) Aplicación de la teoría PEC (Procesos Evolutivos de la Creatividad), analizando los diferentes estados en esta evolución.

### **Evolución.-**

Se define como el desarrollo de las cosas por medio del cual pasan gradualmente de un estado a otro. Desarrollo o transformación de las ideas o de las teorías.

### **Desarrollo.-**

Dar incremento a una cosa del orden físico, intelectual o moral.

La inteligencia es incapaz por sí misma de permitirnos la comprensión de la vida. Desarrollada como una facultad necesaria para la lucha por la existencia y subordinada a ésta, es fundamentalmente un arma para la acción. Está hecha para asir el mundo de los sólidos, de lo inerte y de lo discontinuo; de ahí que sus intentos de explicar toda la realidad se realizan mediante una estereotipación y fragmentación de ella. Pero la movilidad, la continuidad y el dinamismo son inherentes a lo real. De ello resulta un empobrecimiento de la realidad, si no una deformación de la misma, el representarla estáticamente, ya que con esto se pierde lo que es en ella esencial.

La intuición viene a ser un complemento vital de la razón, ya que gracias a ésta se puede alcanzar el conocimiento íntimo y pleno de la realidad en su permanente e inagotable fluidez, cosa que no sería posible aplicando únicamente el frío ejercicio disecador de la razón.

Dicha intuición deriva del instinto, que es un medio de acción sobre la materia, por medio exclusivo de órganos vivos. En ello reside su diferencia más notable con la inteligencia. "El instinto es una facultad para utilizar y aún construir instrumentos organizados; la inteligencia es una facultad de fabricar y emplear instrumentos inorganizados". Desde el punto de vista cognoscitivo, esa diferencia se expresa en el hecho de que la inteligencia capta la forma, mientras que el instinto hace lo propio con la materia misma del conocimiento.

La importancia tan grande que se le debe dar al instinto y a la intuición desemboca en convertir a la conciencia en "el principal motor de la evolución". La vida no es más que "la conciencia lanzada a través de la materia" y es por ella que la materia ha llegado a organizarse.

Así, observando y valorando las fuertes armas que existen -intuición y razón- para impulsar una evolución en cualquier área, se debe echar mano de ellas para que el procedimiento sea plenamente consciente y los resultados sean satisfactorios.

La teoría PEC se apoya en la similitud entre la evolución y la creatividad.

La evolución debe ser un proceso constante, ya que contribuye a conservar, corregir y mejorar la adaptación de los seres vivos a su medio. Debe ser irreversible, duradera y generar novedad, variedad cada vez mayor y más elevados niveles de organización.

El hombre es creativo por razones evolutivas. La creatividad permite transformar la realidad y generar innovaciones por medio de diversas habilidades del individuo, dando al producto un carácter único y produciendo un desarrollo intelectual y psicológico más elevado. Aquí es en donde se conjugan la razón y la intuición al formar un ciclo que empieza con el conocimiento del objeto o materia usando el instinto para crear y cambiar, derivando todo en una razón y una intuición más completas, existiendo así una evolución.

En las mismas definiciones de evolución y de creatividad se aprecia la cantidad de características comunes entre ellas. El hecho de que ambas sean procesos, que transformen, que generen novedad y variedad en niveles mayores y más elevados de organización, las convierte en procesos paralelos.

El proceso de evolución presenta tres subprocesos (estudio realizado por profesores de la Facultad de Química):

- *Cladogénesis*.- Evolución por ramificación (diversificación). Se refiere a la variedad por divergencia. La aparición de un organismo nuevo y eficaz que puede adaptarse a diferentes líneas de especialización demandadas por el medio.
- *Anagénesis*.- Evolución por mejoramiento, el cual puede ser: de algún detalle que amplía la adaptación, de especialización para algún modo de vida, de alguna función fundamental, o del plan general de organización.
- *Estasigénesis*.- Evolución por estabilización. Consiste en alcanzar el máximo de perfección logable en la especie.

Si en la teoría de la evolución la *cladogénesis* representa la diversificación, en la evolución creadora implica la novedad o la variedad de una o varias soluciones que se adapten a las nuevas necesidades.

La *anagénesis* se refiere a cambios de nivel de la estructura del sistema u objeto o bien en sus funciones. Estos cambios pueden consistir en modificar el material, la forma, el procedimiento, para que satisfaga de mejor manera o en forma más eficiente la necesidad que se pretende satisfacer.

La *estasigénesis* implica la sofisticación y perfeccionamiento de la solución propuesta, hasta los niveles permitidos por la naturaleza misma de los

componentes y de las funciones que cumplen como parte y como todo. Por algún tiempo se logra el perfeccionamiento de la estrategia o propuesta, todo marcha sobre ruedas. Sin embargo, uno o varios cambios en el medio pueden hacer que la estrategia pierda vigencia y adecuación, generando la necesidad de una valoración de la situación.

Existe otro término que se denomina *neotenia*; y éste es el retroceso a un componente menos especializado, más flexible y que permite una nueva exploración de posibles soluciones. Consiste en una visión retrospectiva hacia las propuestas iniciales con una perspectiva ingenua que permite replantear el problema desde su origen y abrir la puerta a nuevas propuestas. De esta manera se evita caer en el error de continuar agregando modificaciones superficiales a una propuesta que ha demostrado no ser la más adecuada.

Con todos estos avances y mejoras se debe crear un material de difusión, para que exista la comunicación del hallazgo o de la nueva solución a un ámbito mayor, o bien la importación de soluciones dadas en otro ámbito.

La creatividad se ha identificado con la ampliación del pensamiento divergente, generador de multiplicidad de ideas en contraposición con el pensamiento convergente dirigido a la búsqueda de la solución correcta. Sin embargo, en las fases que integran el proceso creativo, ambos tipos de pensamiento tienen un importante papel, aunque en diferentes momentos. En un primer paso es necesario aplicar el pensamiento divergente para generar gran cantidad de ideas. A mayor cantidad de ideas, mayor posibilidad de encontrar una que sea creativa. Pero, una vez que se analizan las posibilidades e

implicaciones de las ideas propuestas, es necesario recurrir al pensamiento convergente en un esfuerzo de síntesis y de evaluación.

Al enfrentarse ante un desequilibrio representado por una necesidad insatisfecha, por un problema sin solución, se puede recurrir a confrontar la situación a través de los "Procesos Evolutivos de la Creatividad (PEC)".

Dentro de la evolución creativa, los subprocesos de evolución nos permiten proponer estrategias que estimulen la producción de ideas originales para la solución de problemas. Esta misma estrategia permite analizar la evolución de ideas en los procesos culturales.

Al estudiar la evolución que ha tenido la enseñanza experimental en la Facultad de Química, la teoría PEC permite identificar los momentos críticos que han determinado el rumbo que se ha tomado a través de diferentes propuestas.

#### **Evolución histórica de la enseñanza de la química experimental básica en la Facultad de Química.-**

La investigación acerca del desarrollo histórico de la enseñanza experimental en la Facultad de Química fue realizada por profesores de la Facultad y psicólogos asesores de la Secretaría General de la UNAM.

En esta investigación se restringió el estudio al primer año de la carrera, porque es donde se tiene un tronco común, repercuten más los cambios y

además, es aquí en donde se establecen las bases para una preparación completa y consciente.

Gran parte de la reconstrucción de la cronología presentada se hizo por "tradición oral", debido a que no hay información sobre programas y protocolos de enseñanza experimental y los acervos se encuentran incompletos. Esto refleja la poca importancia que se le confiere de manera general a la enseñanza experimental de la química.

Se trató de exponer de manera esquemática cómo evolucionó la enseñanza experimental en el primer año de la carrera, marcando los puntos de inflexión que corresponden a cambios más significativos en los programas, sus antecedentes y algunas ventajas y limitaciones vistas a distancia.

"La propuesta de un cambio radical en la concepción de la enseñanza experimental, se justifica a partir de un análisis histórico en el que se resalte la importancia de esta actividad, ya que para conocer hay que aproximarse al proceso cognoscitivo original. Este proceso inicial no debe quedar en el plano de "simplemente historia", sino ser una reconstrucción conceptual que propicie la participación responsable y saque a la luz esfuerzos y errores previos. Todo se debe conjugar para lograr realmente un mejoramiento y no un retroceso o un mero cambio superficial".<sup>1</sup>

Uno de los objetivos de la enseñanza de la ciencia es contribuir al desarrollo del pensamiento crítico, el desarrollo intelectual y la actividad

---

<sup>1</sup>Müller, Dabdoub, Domínguez y Llano, "Evolución Histórica de la Enseñanza de la Química Experimental Mexicana en la Facultad de Química".

creativa. No se trata de que el estudiante aprenda una serie de datos y retenga información científica, sino de que participe y aprenda a procesar dicha información, sea capaz de interrogar la realidad, examinar las consecuencias de sus conjeturas, establecer correlaciones y analizar su significado buscando explicaciones basadas en la experimentación.

Este último punto es lo que hace tan importante el dar un lugar a la experiencia de laboratorio como un espacio de encuentro e integración natural donde es posible aprender ciencia.

#### **Cronología.-**

Existen solamente tres cambios significativos en 55 años, que se encuentran ubicados en 1967, 1974 y 1987.

♦ De 1927 a 1967, aunque hubo cambios en los programas, estos no afectaron de manera importante los cursos que se impartían en el primer año de casi todas las carreras.

Las dos asignaturas que involucraban a la Química Básica eran: Química Inorgánica y Análisis Cualitativo, con un total de 9 horas semanales para cada una.

En la primera se comprobaban experimentalmente las propiedades de los elementos y sus compuestos, además de reacciones y aplicaciones industriales. En la segunda se resolvían los problemas prácticos en laboratorios abiertos.

Este método heurístico basado en planteamiento de problemas, es muy representativo para los que lo vivieron, ya que lo que más recuerdan de sus laboratorios iniciales es una serie de anécdotas y trucos utilizados para resolver sus problemas de Análisis Cualitativo.

En cuanto a la relación teoría-práctica, el profesor de teoría era el que diseñaba los experimentos, dirigía a los ayudantes y estaba presente en todas las sesiones de laboratorio. La ventaja era que no había problemas en el momento de calificar, ya que se hacía de común acuerdo, pero la gran desventaja era que cada profesor titular tenía su propio enfoque, que en ocasiones difería bastante de otros de ellos.

♦ En 1967 se ubica el primer cambio significativo, tomando en cuenta algunos antecedentes:

- Programas semestrales en otros países.
- Tendencia a enseñar principios generales y a usar la química descriptiva únicamente para ejemplificarlos.
- Preferencia por lo abstracto. Esto se observó a nivel mundial afirmándose que la química descriptiva desapareció siendo víctima de los principios que fueron organizados para apoyarla.
- Tendencia al diseño por objetivos, especificando habilidades y destrezas.

♦ En el período comprendido entre 1967 y 1974 se observa que en primer semestre se da importancia a los modelos microscópicos y la Fisicoquímica, la Química Inorgánica y el Análisis Cualitativo quedan reducidos a un semestre con menos horas y prácticamente el mismo contenido.

El maestro titular era el responsable de la calificación y los profesores de enseñanza práctica, considerados en ocasiones como "de segunda", no son tomados en cuenta, por lo que la evaluación resulta un tanto parcial, además de que se acepta la revalidación de prácticas.

Los protocolos de prácticas se estructuran dando mayor importancia a los objetivos y se inicia una formación sistemática de profesores a través de la especialización en docencia

♦ El segundo cambio, correspondiente a 1974, tiene como antecedentes:

- La crisis mundial en el ámbito social y educativo de 1968.

- La influencia de la universidad abierta inglesa.

- La aplicación del método científico experimental, que afectó directamente a los programas de CCH, cuya primera generación ingresaba en 1974 a la comunidad.

- La tendencia a integrar áreas de conocimiento.

- La enseñanza personalizada.

Este cambio de 1974 corresponde al laboratorio de Ciencia Básica, que se impartía en los dos primeros semestres con 10 horas a la semana y cuyo objetivo era aplicar el método científico a trabajos de investigación bibliográfica y trabajo experimental, especificando la importancia de adquirir habilidades psicomotrices. Por primera vez, en los planes de estudio, se describen los objetivos y actividades de un laboratorio.

Ésta era una asignatura que involucraba los laboratorios de Física y Fisicoquímica I y II en el primer semestre y Química Inorgánica y Análisis I en el segundo. Sus principales características eran que pretendía ser multidisciplinario. El profesor de laboratorio era el responsable de la calificación; los formatos de prácticas se dieron en función del método científico y se propuso una enseñanza personalizada que resultó inoperante después de un semestre de aplicación.

Las innovaciones y limitaciones que resultaron de esto fueron:

Al inicio, este método integró profesores de diferentes áreas, lo cual fue muy productivo, pero también difícil dada la heterogeneidad de procedencia.

Se dio una amplia formación a los profesores a través de cursos anuales y manuales para ellos.

Se generó material didáctico de calidad internacional a través de una comisión académica.

Se formó una comisión responsable de la evaluación sistematizada y centralizada.

En el laboratorio de Ciencia Básica II se trabajó con proyectos que fomentaban la creatividad y el aprendizaje heurístico.

Entre las limitaciones se observó una gran resistencia al cambio; había presión por "recuperar los laboratorios perdidos".

La innovación no se proyectó a los cursos posteriores, hubo muchos prejuicios y, poco a poco, la imagen de la asignatura se fue deteriorando. Las asignaturas posteriores consideraban que no se cubrían los requisitos que ellas requerían.

- El siguiente cambio está ubicado en 1987, en donde, después de aproximadamente 7 años de proyecto, se implanta "Química General" que pretende dar una visión de la química a través de su evolución histórica, proporcionar una plataforma de conocimientos básicos e integrar la teoría con la práctica relacionando a través del trabajo experimental los conceptos teóricos adquiridos. En los programas actuales se hace explícito este objetivo de enseñanza práctica, enfatizando también el enfoque macroscópico que se da a la asignatura. Se imparte en el primer semestre de todas las carreras con 5 horas de teoría y 10 de laboratorio.

Las innovaciones y ventajas que se produjeron fueron:

- La formación de profesores por autoentrenamiento, como se llamó a los seminarios que se dieron.

- La proposición de formar "células de trabajo" para tener una verdadera integración teoría-práctica.

- La creación de los subprogramas de formación de profesores:

Se propusieron tres manuales sobre un mismo tema basados en el método científico, dosificando la información para que se utilizaran a través de toda la carrera.

Se rescató material anterior, incluyendo los formatos.

Se aplicaron exámenes departamentales teóricos y prácticos no centralizados.

Existieron limitaciones como que el programa era demasiado ambicioso teniendo presente que se contaba con sólo un semestre.

Administrativamente, sólo al principio fue posible la asistencia de todos los profesores a la teoría y al laboratorio y al revalidar las prácticas, la separación se hizo aún mayor.

Los manuales propuestos no se aplicaron a cursos posteriores, por lo que no se dio una integración vertical.

Como conclusión, ante una situación de cambio, la esencia del objetivo puede prevalecer, aunque en general se observe una resistencia a éste. La solución que se puede aplicar en estos casos, es sumar contenidos para presentar de manera clara las ventajas y desventajas de los resultados obtenidos.

Los cambios aplicados fueron en cierta manera discontinuos y el responsable de la implantación de estos era ajeno al proceso, ya que no estuvo involucrado de manera directa en la aplicación.

La teoría PEC se aplica en este estudio partiendo del reconocimiento de que el hombre es "un ser creativo por razones evolutivas". Se propone una extrapolación de los conocimientos sobre la evolución a la producción de respuestas creativas, considerando que la evolución y la creatividad son procesos paralelos, ya que ambos transforman irreversiblemente y generan novedad, variedad y cada vez más elevados niveles de organización. (Huxley, 1970).

Utilizando los conceptos de evolución y creatividad y aplicando el método PEC, se pudieron detectar los procesos presentes en nuestra evolución histórica y con esto se logró proponer algunas estrategias que estimularan la producción de ideas originales y en algunos casos creativas para la solución del problema.

En los tres casos de cambio que se han observado, la diversificación (*cladogénesis*), que permitió varias alternativas y soluciones creativas y una tendencia a un estado mejor y a una estabilización durante algún tiempo y que en el momento en que interna o externamente se rompe el equilibrio, propició nuevamente una *cladogénesis*, en algunos casos mediante un proceso *neoténico*.

En la primera etapa, el proceso de estabilización duró mucho tiempo (casi 40 años), el segundo únicamente 7 años, el de laboratorio de Ciencia Básica 13 años y por último, el de Química General, que lleva 7 años.

De acuerdo al desarrollo de la institución se podría señalar lo siguiente como el rumbo a tomar respecto a la enseñanza experimental:

- Mayor integración de la enseñanza experimental con respecto a la teoría.
- Proyectos más ambiciosos.
- Participación activa del estudiante.
- Integración de diversas áreas del conocimiento.
- Conocimiento de técnicas y procedimientos frecuentes en la práctica profesional.

Ante esta demanda se observa un sistema muy dinámico. Existe un gran número de proposiciones de prácticas alternativas y propuestas para replantear el programa de química general. Se ha dado la innovación de aprendizaje por computadoras y se ha incluido en los últimos semestres el sistema de asesorías y tutorías. Toda esta actividad habla de un estado actual de diversificación propicio para una evolución más creativa.

Se detecta un proceso con tendencia a ir a niveles menos estructurados, más flexibles para un cambio, el cual hay que preparar, evitando las limitaciones existentes y dando tiempo para madurarlo. Se debe dar especial importancia a la integración de recursos humanos, sin los cuales cualquier plan se va por tierra.

Así, los cambios que han existido desde el nacimiento de la Facultad hasta nuestros días, indican que se va creciendo, que no hay una existencia estática, pero, con todo esto, es necesario introducir nuevas estrategias y métodos para poder ubicarnos en un nivel igual o superior mundialmente.

# **CAPÍTULO 4**

# **Deficiencias básicas**

**"La ciencia son muchas cosas importantes....pero al final de cuentas se reduce a esto: ciencia es la aceptación de aquello que funciona y el rechazo de lo que no funciona; pero para esto hace falta más valor del que nos imaginemos."**

**Jacob Bronowski**

## **Capítulo 4**

### ***Análisis de la deficiencias básicas en la enseñanza experimental de la química básica.-***

La química es la ciencia que se ocupa de la transformación de la materia, basada en el conocimiento de su composición; por esto, la preparación cabal de un químico debe armonizar la manipulación práctica o experimental con la interpretación y la predicción teóricas.

En los países hispanoamericanos se encuentra con frecuencia un gran desequilibrio en esa necesaria armonía, el cual afecta negativamente a la enseñanza práctica. De aquí que sea necesario insistir en la importancia preeminente del aprendizaje experimental.

### **Esquema general de una universidad actual.-**

Para examinar las causas principales de esa deficiente situación, conviene precisar el esquema general de una universidad actual:

→ *Orígenes universitarios y trabajo experimental.*<sup>1</sup>

La mayoría de las universidades en los países hispanos toma como modelo o fuente de inspiración la más antigua de habla española y una de las más antiguas del mundo: la Universidad de Salamanca (1215). La primera reglamentación sería que promulga el rey de Castilla y León, Alfonso X, define lo que es una universidad: "*el ayuntamiento de maestros e escolares que es fecho en algún lugar, con voluntad et con entendimiento de aprender los saberes*". Ésta es una buena definición tomando en cuenta que es primaria, pero toma únicamente en cuenta los "saberes", pero no los "haceres", los cuales son de gran importancia.

Ortega y Gasset dijo: "la universidad medieval no investiga; se ocupa muy poco de profesión, todo es cultura general" y enjuicia la investigación científica como "reducida al minimum, no por defecto de la universidad, sino por la notoria falta de vocaciones científicas y de dotes para la investigación que estigmatiza a nuestra raza". Posiblemente es aquí en donde se encuentran los principios del menosprecio o descuido de la enseñanza práctica experimental.

Una primera consecuencia que puede deducirse del origen hispánico de la universidad se manifiesta en la mayor disposición que se tiene para hablar que para hacer, en una tendencia al teoricismo que conduce hacia una "química de papel".

---

<sup>1</sup>Francisco Giral, "Enseñanza de la Química Experimental".

En los tiempos presentes, una ciencia experimental enseñada a nivel superior no puede dividirse, sino que es un todo y un todo es también su enseñanza. Debe destacarse la elevada dignidad que se le debe atribuir al trabajo manual, para el desarrollo intelectual completo, y es ahí en donde debe buscarse una raíz propia para revalorizar la experimentación científica.

→ *La Universidad actual.-*

Las tres funciones de una enseñanza deben ser en el siguiente orden:

1. Transmisión de la cultura.
2. Enseñanza de las profesiones.
3. Investigación científica.

Es muy importante llegar a un equilibrio entre estas tres. El insistir demasiado en una sola ha hecho padecer en forma grave a los sistemas de enseñanza de la actualidad. En Alemania encontramos excesiva insistencia en la investigación y en Inglaterra, excesiva insistencia en la enseñanza. Mientras que en Estados Unidos se advierte el peligro de insistir demasiado en la aplicación del conocimiento.

→ *Situación universitaria hispanoamericana.-*

En la mayoría de las universidades hispanoamericanas, entre las que se encuentra la nuestra, se observa una marcada tendencia al teoricismo, rechazo

del trabajo manual, ficción y engaño, costo en recursos económicos y en esfuerzo humano, condiciones locales, falta de interés por las ciencias naturales. Todo esto se conjuga para hacer más complicada la enseñanza de las ciencias químicas, ya que resta la valoración de las principales herramientas necesarias para esto.

Se debe buscar como objetivo principal la formación de "químicos profesionales", que puedan hacer sus "haceres", sabiendo sus "saberes" en su lugar de origen, pero la mayor dificultad de cumplir con dicha misión (aplicar el conocimiento químico) estriba en la deficiencia de la enseñanza experimental.<sup>1</sup>

→ *Autenticidad.*

"Una institución en la que se finge dar y exigir lo que no se puede exigir ni dar es una institución falsa y desmoralizada".

Los profesores engañan a los alumnos enseñándoles en teoría lo que no se puede hacer en la práctica, los alumnos engañan a los profesores demostrando perfectamente cálculos teóricos sin poder llevar a la práctica las reacciones; por último, las autoridades docentes engañan a los dirigentes de la sociedad cumpliendo con una enseñanza teórica barata sin poder gastar lo que hace falta para una enseñanza práctica completa. Con todo esto, no se puede cumplir con los principios que exige la ciencia, ya que la enseñanza experimental se convierte en manos de estas personas en una herramienta "inútil" y, por demás, "estorbosa", siendo difícil hacer un esfuerzo por evitar todos estos engaños, el más grande de los cuales es creer que se puede

aprender química en el pizarrón o en el papel sin la experimentación correspondiente.

Una enseñanza teórica puede ser más o menos brillante, pero nunca una enseñanza adecuada para la formación de profesionales. Si se desconfía de la capacidad para llevar a la práctica la química que se ha aprendido en forma excesivamente teórica, el desempeño profesional desemboca en actividades poco técnicas y poco científicas.

Hay que buscar una armonía entre hechos y palabras, experimentos y teorías, haceres y saberes. Ésta es la verdadera autenticidad. Dejar a un lado todos los engaños y ser auténticos con nosotros mismos y con los demás, así como con la ciencia, echando mano de todas las herramientas que nos ofrece sin utilizarlas de manera ficticia, *auténticamente*.

→ *Ciencias exactas y ciencias naturales.-*

Para el estudio de la química y en la mayoría de sus aplicaciones, se descuida la consideración de las ciencias naturales como ciencias básicas de aquélla. La tendencia al teoricismo coincide con considerar a la química exclusivamente como una ciencia exacta.

Para ser un buen químico, no basta sólo la mentalidad de la ciencia exacta: el razonamiento lógico y la medida precisa. Se requiere también la mentalidad del naturalista, ante todo, la observación y la capacidad interpretativa.

El uso del método científico abarca los dos tipos de ciencias -exactas y naturales- y es una herramienta muy fuerte para alguien que se considere químico.

No se puede aprender química sin comenzar por la exposición teórica de los fundamentos, pero el error más grave consiste en creer que profundizando en los principios teóricos se puede llegar a dominar toda la materia. Con frecuencia, las enseñanzas se quedan en ese umbral teórico, que ni siquiera suele ser profundo.

En algunos lugares se lleva a cabo un desarrollo simultáneo de teoría y práctica en orden creciente de complejidad, lo cual no obliga a un paralelismo en el contenido. Además, una enseñanza práctica mal hecha, resulta contraproducente, en vez de beneficiosa. Una enseñanza que se limite a reproducir mecánicamente las minuciosas instrucciones de un profesor o las detalladas directrices de una receta es igualmente perniciosa.

Todas estas dificultades pueden conducir al teoricismo cuando se es incapaz de resolverlas o superarlas.

Algo que debe tenerse muy en cuenta es la elasticidad necesaria del tiempo dedicado a la experimentación. Cada alumno no tiene por qué dedicar el mismo tiempo, ni tener el mismo acierto, ni alcanzar el mismo éxito. Algo muy importante en la enseñanza práctica consiste en dejar la necesaria flexibilidad para el desarrollo de las experiencias. Resulta funesto el desarrollo de cierto programa de prácticas con un criterio estrictamente uniforme en cuanto a horas y a plazo de ejecución de determinadas prácticas. Otro mal hábito consiste en

pretender que todos los alumnos realicen exactamente las mismas prácticas, al mismo tiempo, y reproduciendo con minuciosidad las explicaciones detalladas que se les acaban de dar para un trabajo de escasas horas.

Esto deriva en que el alumno, en el mejor de los casos, se limita a reproducir de manera mecánica una manipulación cualquiera, sin pensar, sin esfuerzo mental, y sin tener que resolver personalmente las dificultades que implica.

**Principales problemas técnicos que afectan a la enseñanza experimental.-**

Algunos de los problemas más estrechamente ligados con la enseñanza de la química en el laboratorio y que son particularmente graves, caen en cuatro grupos principales:

◆ **Problemas económicos y logísticos.-**

Este tipo de problemas, en clases de laboratorio con muchos alumnos, son muy comunes, sobre todo en los primeros semestres de la carrera. Estos estudiantes deben ser acomodados en laboratorios y en salones para teoría. El dinero es necesario para comprar sustancias químicas y equipo para las clases de laboratorio. Los requerimientos de este gran número de estudiantes puede provocar una severa tensión en los presupuestos del departamento de química.

Asociados con estos problemas, están los problemas de mantenimiento y servicio de los equipos y de los laboratorios, además de tener que proveer con el adecuado soporte técnico para las clases experimentales. Como estos problemas suelen ser enormes y algunas veces insuperables, es importante considerar el significado de la reducción de costos y el mejoramiento y simplificación de la tecnología, sin dejar a un lado la calidad.

◆ Problemas de lenguaje y comunicación.-

El lenguaje y la comunicación siempre presentan un problema cuando el medio de enseñanza y aprendizaje es un segundo lenguaje. La mayoría de los libros de texto y manuales auxiliares en cualquier carrera de ciencias, están escritos en inglés. El nivel de inglés de la mayoría de los alumnos que ingresan al primer año de cursos de química, es inadecuado. Es común el uso de diccionarios en las lecturas, y esto hace que se pierda mucho tiempo en la comprensión de conceptos, además de que se pueden presentar ambigüedades en estos, al traducir palabra por palabra, línea por línea, página por página y así en adelante.

La transición de la escuela a la universidad puede ser traumática por esto, especialmente cuando un estudiante encuentra que nadie en la universidad parece sufrir muchas molestias, mientras que él o ella siente que se hunde. Intimidados por el hallazgo de que su segundo lenguaje es insuficiente y de su ignorancia de la química, los estudiantes se esconden de la posible ayuda que se les pueda prestar y rechazan cursos, asesorías y lecturas de apoyo.

- ◆ **Problemas con el personal.-**

En el departamento de química de una Universidad hay un número de académicos involucrados, de una manera u otra, con el primer año de enseñanza. Además existen asistentes de enseñanza, incluyendo a los estudiantes de grados posteriores o recién graduados. El problema radica en cómo un pequeño número de personas puede hacer frente de cualquier forma a una enorme cantidad de alumnos de primer año. Se debe encontrar una relación saludable entre el número de alumnos y el número de profesores, siendo también un problema encontrar números adecuados de personal que esté suficientemente motivado para enseñar química con al menos un poco de sentimiento de competencia y entusiasmo. Si este tipo de gente no puede ser encontrado, entonces se debe buscar la forma de producirlo, y esto es, dentro del mismo departamento de química.

- ◆ **Problemas en la evaluación del curso.-**

Producir personas competentes y entusiastas debe ser el objetivo principal de un curso de química. Para lograr esto, se debe periódicamente y, si es posible, continuamente, evaluar los cursos, no sólo con respecto al costo, sino también con respecto al desarrollo y mejoras de los mismos. El problema es que no se toma en cuenta cómo pueden ser evaluados y quién va a hacer esto. En la mayoría de los casos, no hay incentivos en términos de avance de la carrera para el personal académico, para hacerlos más conscientes en cuanto al tiempo y atención que deben dedicar a su enseñanza.

Estos cuatro grupos de problemas representan en su mayoría los problemas técnicos que se presentan en la enseñanza experimental, sin embargo, existen otros que son más profundos y menos tangibles, que además involucran la voluntad del estudiante y la del profesor y que tienen que ver con la motivación y las relaciones entre la teoría y la experimentación.

#### **Causas generales que afectan a una buena enseñanza experimental.-**

"Se necesitaría una nueva guerra antes de que las autoridades escolares se volvieran conscientes de el hecho de que la química es una asignatura esencial en un sistema completo de educación"<sup>2</sup>.

Los profesores de laboratorio están preocupados sobre la tenue conexión que existe entre la práctica y la teoría, sobre la supervisión del trabajo de laboratorio por jóvenes e inexpertos instructores, sobre el relativamente pobre crédito ganado por el personal y los estudiantes de laboratorio y sobre los cursos de laboratorio que intentan enseñar técnicas o principios con malas bases.

La gente también está descontenta con la falta de entusiasmo en la enseñanza en los cursos de laboratorios elementales. El Presidente de la "American Chemical Society" en 1930 (William Macpherson) dijo: "parece que los hombres adecuadamente entrenados piensan que afecta su dignidad el tener algo que ver con principiantes". Ésta es una frase que presenta claramente la situación de los alumnos de primeros semestres, ya que, si no se les quiere

---

<sup>2</sup>Editor de *Pure & Applied Chemistry*, 1978.

prestar la atención adecuada por ser "principiantes", no hay que esperar mucho de los rendimientos de un laboratorio en donde se ven involucrados estos.

Cada año, a la Universidad ingresa un gran número de estudiantes a las carreras de la Facultad de Química. En el primer semestre se mezclan alumnos de diferentes áreas, con diferentes fines en cuanto a su especialidad, pero el interés principal que los une, es la Química. Atraídos por la materia desde la preparatoria, o simplemente curiosos, ellos toman esto como un primer paso para una formación en las ciencias.

En el primer día de clases se siente excitación en el aire. Aquí hay una oportunidad para profundizar en la esencia del mundo real, en las propiedades de millones de compuestos conocidos y exóticos: combustibles, alimentos, medicamentos, pinturas, etc. Pero, para muchos estudiantes, el pasar del tiempo va a ser demasiado pesado dentro de ese edificio, sus ilusiones van a ir decayendo, conforme las motivaciones externas vayan disminuyendo.

.....Han pasado ya tres años y algunos estudiantes siguen en la universidad. Pero la mayoría de ellos -aún aquellos brillantes y sobresalientes- han dejado los cursos de química por otros campos de estudio.

Este triste panorama se debe en gran parte a que en los primeros semestres de la carrera no se dan bases y motivaciones suficientemente satisfactorias para el alumno. El laboratorio de Química General se imparte en el primer semestre y es aquí en donde el estudiante espera ver el principio de lo que va a ser su vida en los siguientes cuatro o cinco años. Si su talento no es explotado por completo y se encuentra con técnicas que debe seguir

mecánicamente al pié de la letra, obstaculizando así el desarrollo de su capacidad de intuición, sus acciones se vuelven un tanto automáticas.

Las bases con que cuenta el alumno también se deben considerar. Una mejor enseñanza científica en las preparatorias, produciría más estudiantes capaces de asimilar conocimientos más profundos en la universidad, pero tomando en cuenta que esto no es real, en el primer semestre de la carrera se deben dar las bases sólidas necesarias para seguir adelante. Es tiempo que se debe ganar preparando programas completos y ligando la teoría a la práctica.

Usualmente se asume que los estudiantes que abandonan los estudios de ciencias es porque no son lo suficientemente inteligentes en esta área. Ciertamente, muchos de los que dejan la carrera, son mejores en otros campos pero, qué pasa con aquéllos que tienen gusto por la ciencia y además las aptitudes necesarias y, sin embargo, después de un semestre o dos, deciden no seguir adelante. Los programas universitarios deberían luchar por conservar a estos alumnos capaces, para poder así lograr que ellos tomen los lugares de los que solamente ingresaron por mera curiosidad, dándose cuenta después de que eso no les interesaba. Sin duda, la educación científica primaria necesita gran atención. Los cursos científicos introductorios universitarios presentan un blanco claro y urgente por reformar.

Todos los años, a los estudiantes que ingresan a primer semestre, se les hace un examen general para determinar el grado de conocimiento existente. En muchos casos, los resultados obtenidos han sido representativos de los científicos potenciales que entran a los cursos introductorios. Muchos de ellos confiados en sus habilidades y ansiosos de recompensas intelectuales. La

mayoría tiene fundamentos en la ciencia y las matemáticas de preparatoria, y muchos han considerado las ciencias después de haber probado en otros campos. Aún más, muchos de ellos toman parte seriamente en opiniones acerca de la atmósfera de las clases, los métodos de enseñanza y la estructura del curso.

Pero, al final, la mayoría de estos estudiantes no habrían seguido sus estudios científicos, aún cuando no hubieran asistido antes a otras carreras. Las dificultades con las que se presentan, no son fallas intelectuales, sino que la ciencia, como se les expone, no rinde las recompensas intelectuales que ellos esperaban.

La atmósfera en el salón de clases y el laboratorio, tiende a abatir un espíritu intelectual aventurero. El paso rápido de los cursos, el número tan grande de alumnos en un laboratorio, a los que no se les presta atención y la poca conexión entre teoría y práctica que, además, no permite ninguna opinión al respecto, crea la impresión de que la ciencia es autoritaria.<sup>3</sup>

Esta impresión hace que los alumnos, los cuales tenían la idea de que la ciencia significaba "interactuar con los materiales", se desanimen y presenten muy poca participación en los cursos teóricos y peor aún, en las prácticas de laboratorio, siendo muy difícil para ellos salirse de la "receta" anteriormente planteada por un manual y poner un poco de ingenio, creatividad y concentración en lo que están haciendo. Con esto, los profesores no saben cómo animar a los estudiantes a que participen y así, es más difícil para ellos mismos impartir una clase práctica.

<sup>3</sup>Rigden & Tobias, "Why so many college students abandon science after the introductory courses".

En la teoría se pasa más tiempo manejando una fórmula y una constante numérica que analizando el fondo de lo que representan éstas. Al llevar este conocimiento al laboratorio, lo que preocupa al alumno son los resultados "numéricos" que debe obtener y no lo que en realidad obtendría sabiendo lo que está pasando en el experimento. Así, el estudiante se vuelve antes un matemático especializado en la química, que un químico observador que puede llegar a usar como arma de trabajo las matemáticas.

La implacable técnica de "resolución de problemas numéricos" es frustrante para muchos. La mayoría se da cuenta de que aprende técnicas pertenecientes a una caja de herramientas de un científico. Pero, casi sin excepción encuentran que la ciencia básica se caracteriza como una "tiranía de la técnica". Saben que la ciencia involucra creatividad y fineza manual, pero muchos profesores se encargan de convertirla en un oficio, como cocinar, donde, si uno sigue la receta, lo hace bien.

Aún cuando los instructores tratan de quitar este árido régimen, ellos generalmente minan sus propios esfuerzos. Presentan y se expanden en ciertos conceptos subrayando, al final, la importancia de las técnicas de resolución de problemas. El modo en el que el maestro analiza los logros de su curso es incluyendo en los exámenes lo que él cree que los alumnos deben saber. Mientras que el profesor habla sobre conceptos, sus exámenes son pruebas de soluciones numéricas. Y él probablemente nunca se da cuenta de lo que los estudiantes deben conocer bien, que es: conceptos, observaciones durante el trabajo, resultados; lo cual realmente nunca cuenta.<sup>3</sup>

Los estudiantes no obtienen un soporte de conocimientos, ya que no tienen la experiencia y la intuición necesarias para saber qué es realmente importante y qué no. Tienen dificultades para distinguir entre qué es lo que se supone que debe ser aprendido y qué les fue comunicado meramente con el propósito de ilustrar o de hacer una analogía. El contenido del curso es presentado clase por clase, de acuerdo con una lógica interna a la materia, pero no siempre articulada por el instructor. Un concepto es desarrollado un día porque va a ser necesario dos semanas después. El profesor sabe esto, pero el alumno, no. La estructura del curso teórico también necesita atención.

En una ciencia como la química, la comunicación entre el científico y la naturaleza es un gran diálogo, primero de sorpresas, nuevos misterios, vistas interiores y síntesis. Los términos de dicho diálogo cambian constantemente, ya que los descubrimientos modifican las teorías y éstas sugieren nuevas rutas de investigación. La ciencia prospera en este dinamismo y para los científicos es una fuente de entusiasmo. Como contraste a esto, encontramos a los estudiantes en los cursos introductorios: la ciencia aparece estática y sosa. Los alumnos principiantes no están listos para tomar parte en el diálogo con la ciencia.

Se puede decir que el material químico es duro de aprender y duro de enseñar, sobre todo cuando involucra aptitudes manuales, es decir, el laboratorio. Pero estas son las bases que deben ser tomadas antes de que cualquier cosa útil pueda ser obtenida.<sup>3</sup>

# **CAPÍTULO 5**

# **Propuestas de mejora**

**"Soluciones llenan los océanos,  
soluciones corren por nuestras  
venas...."**

**Svante Arrhenius**

## Capítulo 5

### ***Propuestas de mejora de la enseñanza experimental.-***

#### **La importancia del laboratorio en la Química.-**

Generalmente, como se analizó antes, los cursos teóricos son independientes de los cursos prácticos, además de que estos últimos están mal planteados y son insuficientes.

Esta independencia hace que se puedan tomar uno y otro por separado; que, aunque administrativamente sea imposible, técnicamente es una realidad. La raíz del problema es el uso equivocado de la palabra "independiente", un uso sancionado por la práctica. Parece que se ha convertido en un principio de educación universitaria que los cursos que son *numéricamente* independientes son, por lo tanto, *inherentemente* independientes.

La experiencia significativa de los laboratorios debe formar parte consciente en la formación primaria de los cursos de química. Es pedagógicamente y filosóficamente desequilibrado enseñar química sin la experiencia del laboratorio, la naturaleza de la asignatura lo demanda.

Para poder ubicar el lugar correcto del laboratorio, es necesario analizar un poco la naturaleza de la ciencia física moderna. No es riesgoso establecer que la ciencia física moderna, incluida la química, es un recuento de la

naturaleza material. Por supuesto, el mundo material es una parte esencial de la química moderna. ¡Esto es lo que estudian los químicos! Las reacciones, los colores, los olores (cuando se permite), las extrañas piezas de vidrio e instrumentación exótica; todo esto es lo que hace al químico sentirse como en casa. Siempre, empezando con Galileo y Descartes, la ciencia ha supervisado todas estas explicaciones e interpretaciones de la realidad física en términos de relaciones cuantitativas y estructuras geométricas.

Mientras las matemáticas son el alma de la ciencia física, ellas viven una vida propia. No son necesarias para la naturaleza material, los objetos que estudia no necesitan ser construidos. Los objetos que manipulan los matemáticos existen sólo en la mente y no requieren materia.

Decir que las matemáticas son aplicadas a la química es incorrecto. Es más preciso establecer que los objetos matemáticos son creados en su propio campo y entonces son "infundidos" en la realidad material que el químico está estudiando.<sup>1</sup>

Los puntos, líneas y funciones matemáticas han sido usados para crear un cuadro de la realidad subrayando los experimentos químicos. Una colección de puntos arreglados en forma geométrica es creada para representar una molécula, un objeto que tiene una existencia material. Con esto, cualquiera puede construir estructuras usando reglas establecidas. Por supuesto, de esta forma, las estructuras son puramente objetos abstractos, objetos matemáticos. Solamente el químico que conozca la concordancia entre los dos lenguajes, puede encontrar la respuesta material al mundo abstracto y viceversa.

---

<sup>1</sup>John F. Wojcik, "Dispense with the lab?".

Aquí es donde aparece un gran peligro en el estudio de la química. Debido a la presencia de las matemáticas en el corazón de las explicaciones químicas y, debido a la facilidad con que dichas matemáticas se pueden disociar por sí mismas del mundo material, es posible y podría parecer inevitable que un curso de química enseñado sin la experiencia de laboratorio se convierta en un curso en matemáticas y manipulación de símbolos abstractos.

La química es, como todas las ciencias físicas, un estudio del mundo material y está involucrada con objetos tangibles; por esto, un estudio abstracto de sus símbolos sin referencia material es una distorsión del conocimiento de la realidad.

Debería ser muy claro que la experiencia de laboratorio no es meramente un entretenimiento. Es una experiencia esencial, una parte del proceso por el cual el intelecto "ve" qué es exactamente la ciencia química. "Enseñar química, en particular en primer nivel, sin la experiencia de laboratorio es equivalente a enseñar música con libros de texto sin haber escuchado nunca una composición".

Si en el plan de estudios existente en una carrera de química se toma en cuenta la importancia de incluir un laboratorio para la ciencia básica y se le concede cierto número de horas pero, sin embargo, está mal planeado, impartido o se separa de la enseñanza teórica, puede ser igual o más perjudicial para un aprendizaje completo e integral.

---

<sup>2</sup>John F. Wójcik, Villanova University.

**Propuestas de posibles soluciones a la mejora de la enseñanza experimental.-**

Ya se vio que, en cualquier carrera que involucre alguna enseñanza química, si se quiere que progrese y se obtengan resultados satisfactorios, es indispensable que se preste una atención muy especial y se trabaje esmeradamente en la enseñanza experimental, es decir: la experiencia del laboratorio; sin la cual, el estudiante de ciencias podrá dar sus primeros pasos sobre unas bases que son poco firmes, pero más adelante, el terreno en el que esté pisando será tan débil que se hundirá en conocimientos que no son precisamente "químicos".

Existe una serie de principios que se deben respetar y sobre los cuales trabajar para obtener las mejoras deseadas:

✓ *Motivación de la parte docente.-*

Si se quiere generar un interés y una competencia por parte de los estudiantes, es necesario que los maestros no sólo pongan su corazón en la enseñanza sino que también y particularmente lo pongan en la química.

Se necesita gente que esté realmente interesada y sea competente no sólo en su enseñanza, sino también en la química que están enseñando. Se debe trabajar en equipo, ya que es una de las mejores formas de motivación personal. No debe existir el aislamiento entre los profesores de teoría y los de laboratorio, ya que habiendo comunicación, hay desarrollo, aprendiendo unos

de otros y llegando a ser parte de un todo, el cual debe avanzar al parejo y con el mismo interés y motivaciones para crecer.

✓ *Integración de laboratorio y teoría.-*

El laboratorio debería ser una parte central en la enseñanza de la química y no una parte adjunta.

La mayoría de la enseñanza química debería empezar, continuar y terminar en el laboratorio. Por supuesto, debe haber un apoyo teórico que se encuentra en pláticas, discusiones, material escrito y audiovisual y en las mismas clases teóricas.

La enseñanza de la química debe ser un bloque, no pequeñas partes modulares que se integren para ocasionalmente no embonar. Se debe partir de la enseñanza experimental, adecuando a ésta la enseñanza teórica y así, avanzar paso a paso sin dejarse atrás una a la otra.

La necesidad de partir de una experiencia de laboratorio para establecer bases y no de una fórmula o de un modelo, se debe a que la química (si se le quiere llamar química) es a donde pertenece y en donde realmente habita: en un laboratorio. Su estudio abstracto viene a ser posterior.

✓ *Generalización en la enseñanza.-*

Los estudiantes deben confrontar tanto lo que conocen como lo que no conocen.

La práctica de la química en cualquier laboratorio, así como en cualquier nivel, frecuentemente involucra la necesidad de luchar con problemas para los cuales no hay respuestas inmediatas y, en algunos casos, no existe respuesta alguna. Aún en la enseñanza en el nivel básico, que es el que en este momento nos interesa, los estudiantes deberían no sólo encontrarse con la química predicha y pre-empacada de los libros de texto, notas de lecturas y conocimientos "desconocidos"; ellos deberían también toparse y batallar con preguntas que no se pueden contestar inmediatamente sin una experimentación más profunda o sin una investigación bibliográfica exhaustiva, sabiendo además que a veces una prueba de cinco minutos en un experimento en un simple tubo puede reemplazar a cinco horas de investigación bibliográfica.

Desde el principio se debe crear un espíritu de investigación en todos los estudiantes de química y el mejor lugar para lograr esto es el laboratorio. Los experimentos de laboratorio deben llevar a una discusión de la química involucrada y, cuando sea apropiado, a preguntas y problemas cuyas respuestas sean encontradas en una nueva experimentación posterior. Aquí es en donde se presenta la necesidad de pequeños experimentos improvisados de una manera u otra. La experimentación se convierte así en viajes de descubrimientos a través de terrenos que no han sido pisados en mucho tiempo y, a veces, nunca.

✓ *"Vigencia" de los cursos.-*

Los cursos de química se deben mantener vivos y frescos.

Si se quiere estimular y mantener el interés y el entusiasmo frente a la química, los cursos deben ser frescos, tener una vida propia. Esto implica que deben cambiar regularmente, porque si no pasa esto, se vuelven estáticos y aburridos.

Lo anterior no quiere decir que se tengan que cambiar los planes de estudio año con año ni mucho menos. Significa que se debe lograr algo dinámico, cambiando métodos de enseñanza, introduciendo de tiempo en tiempo temas nuevos y diferentes, así como experimentos "extraoficiales" que hagan cambiar el panorama de aprendizaje en cada tema. En fin, hacer contribuciones creativas que caigan dentro del material que podría ser auxiliar al curso establecido y, principalmente, estimular al alumno a que aborde dichas variantes con curiosidad y entusiasmo.

✓ *Homogeneización.-*

Es muy importante recordar que los estudiantes llegan con gran variedad de bases y existe un enorme rango de habilidades entre ellos. No se debe esperar "sentado en un pedestal" a que los estudiantes lleguen al nivel del profesor por sus propios esfuerzos y completamente solos.

El maestro debe ir, en primera instancia, hacia donde están los estudiantes y poner empeño en homogeneizar a su grupo, para que todos se establezcan en las mismas bases o, por lo menos, aproximadas. Después de esto, debe guiarlos hacia los niveles de aprendizaje esperados.

Esto requiere de atención especial e individual para cada necesidad, con respeto ante las habilidades personales y capacidades para comunicarse en el mismo lenguaje.

**En el laboratorio.-**

Para lograr cualquier actividad existen una serie de componentes, cada uno de los cuales debe jugar un papel específico. Estos se conjugan de manera tal que se construye un todo, siempre y cuando una parte armonice con la otra.

Los componentes principales de la actividad que nos concierne -el laboratorio de química- y el papel básico que deben representar cada uno de ellos se pueden simplificar a los siguientes:

1. El laboratorio.- Cualquier local puede servir para los fines de la experimentación; únicamente se debe atender a las necesidades existentes para que funcione como tal. Se le debe proveer con los servicios técnicos necesarios y contar con la organización adecuada. Debe haber espacio con material, instrumentos y sustancias que abarquen todos los objetivos planteados de antemano.

El hecho de que exista o no en forma comercial una determinada sustancia, puede ser más ilustrativo, en ciertos casos, ya que el profesor se puede organizar de manera tal que sustituya una sustancia por otra con los mismos resultados, aún existiendo las dos en el inventario del laboratorio.

El estudio químico de la naturaleza no se hace sólo en los laboratorios, sacando sustancias de frascos y sometiéndolas a análisis más o menos rápidos, costosos o instrumentales; la química de la naturaleza empieza en la naturaleza misma y en su observación. Esta es una idea que debe ser inculcada a cualquier químico como parte de su formación experimental básica: la observación directa de los seres vivos con un criterio químico, la búsqueda de productos naturales para extraer sustancias químicas.

Este último aspecto no se desarrolla en el laboratorio mismo, pero es una posibilidad que se debe considerar porque es otra forma de enseñanza, quizás más didáctica y dinámica.

2. El profesor.- Un pastor no dice a sus ovejas qué tipo de hierba o flor deben comer, mas sin embargo, las guía hasta donde se encuentra aquella vegetación que él cree que ellas necesitan. Esta misma actitud debe tomar un maestro de laboratorio: guiar, pero no imponer.

Él debe elegir los temas o conceptos que se van a tratar experimentalmente, respetando los lineamientos establecidos por el programa, pero contribuyendo con actividades que su propia creatividad le permita. En esta selección debe tomar en cuenta que el material debe comprender los conocimientos más importantes y formativos.

Una vez armado el proyecto, debe analizar si tiene un conocimiento y un control pleno sobre la materia, y si no, adquirirlo, sobre todo en el aspecto experimental. Debe poder manejarlo desde diferentes posiciones, es decir,

dominarlo por completo. Con esto, ya podrá diseñar y organizar perfectamente la "práctica de laboratorio".

Lo que sigue es simplemente transmitirle al estudiante las bases estrictamente necesarias para que él pueda llevar a cabo el experimento y después de esto, dejar que con sus propias armas siga avanzando sobre el mismo, pero sin abandonarlo, motivándolo a averiguar más allá de lo que se percibe a simple vista y obligándolo a cuestionarse y encontrar él mismo las respuestas.

3. El estudiante. - Se podría decir que éste es el actor principal en esta actividad, ya que es por él por el que se desempeñan los demás papeles.

Él parte del material o conocimientos básicos que le proporciona su guía, que es el profesor. Su tarea consistirá inicialmente en documentarse acerca del fenómeno que se va a investigar. Debe adquirir un conocimiento detallado de los materiales, equipos e instrumentos que se van a emplear, así como su manejo seguro y confiable.

Con esta información y estos conocimientos, el siguiente paso a seguir será realizar el experimento, cuidadosamente y confiando en su propia capacidad, observando, analizando y cuestionándose a sí mismo qué es lo que está pasando, pudiendo consultar a su "asesor".

De aquí, tiene que sacar conclusiones elaboradas y responder a las preguntas que han sido planteadas por su profesor, haciéndose de la misma forma otros cuestionamientos hasta llegar a dominar esta experiencia.

Él solo debe percatarse de la existencia del fenómeno, debe encontrarlo experimentando en y con la naturaleza misma. Su actitud debe ser completamente activa.

4. La enseñanza experimental.- La enseñanza teórica es, por lo general, pasiva, receptiva y unidireccional. Siempre en dirección al alumno, sin que haya, en la mayoría de los casos, una participación clara por parte de éste.

En la enseñanza experimental se involucra una actividad diferente: la participación activa de todas y cada una de las partes integrantes de una experiencia de laboratorio. Aquí se debe dejar de estar sentado escuchando, aquí se deben aplicar todos los sentidos con que contamos, en fin, es aquí en donde se debe echar a volar a mundos nuevos y desconocidos, con el apoyo de la observación, la intuición y la creatividad.

#### **Conceptos a aprender.-**

Existe una lista de conceptos que el alumno de laboratorio de química general debe más que aprender: conocer, manejar y comprender perfectamente.

Estos conceptos deben estar incluidos en un temario general que se debe seguir a lo largo del curso.

El aspecto más importante, aparte de los demás conceptos básicos que el estudiante debe dominar, es la estequiometría, aunque no por ésta se deben descuidar los demás temas.

*Estequiometría* viene del griego: *metría* (medición) y *stoichio* (elementos o partes de los compuestos). Así, este término indica las relaciones de masa que existen entre los compuestos en las reacciones químicas.

La fabricación de productos químicos es una de las grandes metas industriales del mundo. La industria química es la base de cualquier sociedad industrial. Casi todo lo que compramos hoy día se ha manufacturado por algún proceso químico o implica el uso de productos químicos. Por razones económicas, tales procesos químicos y la producción de productos químicos deben ir acompañados del mínimo de desperdicio posible. Cuando ocurre una reacción química, los químicos se preocupan sobre cuál será la cantidad de producto que se forma a partir de cantidades conocidas de reactivos. Todo ello es muy importante para la investigación y aplicaciones industriales de las reacciones químicas.

En una reacción se conserva la masa. Luego, una cantidad específica de reactivos formará productos cuya masa será igual a la masa de los reactivos originales. Si se conoce la ecuación que representa la reacción, se podrán deducir las relaciones de masa entre reactivos y productos. Los cálculos que involucran estas relaciones de masa se llaman cálculos estequiométricos.

Dentro de la estequiometría algunos de los conceptos básicos que es conveniente que el alumno aprenda a través del laboratorio son (sin considerar el orden en que deben impartirse):

\* **Reactivo limitante.**- Éste se presenta cuando, en una reacción química, la cantidad de uno de los reactivos es estequiométricamente menor en relación con los demás, permaneciendo éstos en exceso al terminar la reacción. Esto es porque reacciona la totalidad del *reactivo limitante* (el que está en menor cantidad) y los demás reactivos ya no tienen con qué reaccionar, desperdiciándose.

\* **Solubilidad.**- La cantidad de soluto que se disuelve en determinada cantidad de solvente antes de alcanzar el estado de equilibrio dinámico, depende de la naturaleza del solvente y del soluto, y de la temperatura. Esta cantidad es la *solubilidad* del soluto.

Cada sustancia posee una solubilidad característica en determinado solvente. A veces, las solubilidades se expresan en términos del número de gramos de soluto que se pueden disolver en 100g de solvente a una temperatura específica.

Es posible preparar soluciones de ciertos sólidos que contienen cantidades relativamente grandes de soluto. Esto se logra elevando la temperatura de la solución, ya que así se disolverá más soluto. Con esto podemos decir que la solubilidad varía con la temperatura.

\* **Densidad.**- Es el número de gramos de una sustancia por centímetro cúbico o mililitro de sustancia. Es decir, es la masa por unidad de volumen de una sustancia.

La densidad de una sustancia específica es una propiedad descriptiva que siempre tiene el mismo valor, no importa qué cantidad estemos utilizando, ya que se determina por cada unidad de volumen de la misma.

Es probable que el alumno observe experimentalmente la relación entre la concentración y la densidad y entre ésta y la temperatura.

\* **Leyes ponderales.-**

- Ley de las proporciones constantes (Dalton).- Establece que un compuesto puro consiste siempre en los mismos elementos combinados en la misma proporción por peso. Puesto que un compuesto dado es el resultado de la combinación de átomos de dos o más elementos en una proporción fija, las proporciones por masa de los elementos presentes en el compuesto también son fijas. El agua, por ejemplo, está siempre formada por hidrógeno y oxígeno, en la proporción de 2 átomos de hidrógeno con uno de oxígeno, por lo tanto, 2 "masas" de hidrógeno por cada "masa" de oxígeno.

- Ley de las proporciones múltiples (Dalton).- Establece que cuando dos elementos, A y B, forman más de un compuesto, las cantidades de A que se combinan en estos compuestos, con una cantidad fija de B, están en relación de números pequeños enteros. Por ejemplo, el carbono y el oxígeno forman dos compuestos: dióxido de carbono y monóxido de carbono. En el dióxido de carbono, dos átomos de oxígeno se combinan con un átomo de carbono y en el monóxido de carbono, un átomo de oxígeno está combinado con uno de carbono. Cuando se comparan los dos compuestos, las masas de

oxígeno que se combinan con una masa fija de carbono permanece en la proporción de 2:1.

- Ley de los volúmenes de combinación (Gay-Lussac).- Hace relación a los volúmenes de los gases involucrados en reacciones químicas y es la base para la estequiometría de este tipo de reacción: "A temperatura constante y presión constante, los volúmenes de los gases usados o producidos en una reacción química se hallan en proporciones de números enteros sencillos."

★ Mol.- Es la cantidad de un elemento en gramos, que contiene el número de Avogadro  $6.023 \times 10^{23}$  átomos. En vista de la variedad de especies químicas, ha sido necesario establecer una definición de mol que incluya a todas las especies. *Mol* es la cantidad de una sustancia, en gramos, que contiene el número de Avogadro de especies químicas. Las especies pueden ser átomos, moléculas, iones o fórmulas unitarias.

Se puede caracterizar la cantidad de una sustancia que corresponde a un mol al establecer la masa molecular. Si se conoce la fórmula de una especie, se puede deducir la masa molar sumando la contribución de cada elemento involucrado.

★ Hidrólisis.- La dispersión de un soluto en un disolvente implica cambios energéticos. Si el soluto reacciona químicamente con el disolvente, éste se solvata, o bien, se hidroliza cuando se trata de agua como disolvente. Así, la *hidrólisis* es la reacción entre el agua y un ácido o base para formar una base o un ácido conjugados. La regla general es que, sales de un ácido fuerte

neutralizado por una base débil se *hidrolizan* y dan una solución ácida. Sales de un ácido débil, neutralizado por una base fuerte se *hidrolizan* y dan una solución alcalina.

Estas reacciones de hidrólisis pueden producir varios cambios en la solución, tales como formación de precipitados, cambios de color o de pH

★ **Fórmula mínima.**- Es la fórmula de un compuesto que se escribe utilizando la relación de números enteros más simple de átomos presentes en el compuesto.

Una molécula es una partícula formada por dos o más átomos. Algunos compuestos se hallan en la forma molecular. En estos casos, la fórmula da el número de átomos de cada tipo en una sola molécula del compuesto. Las fórmulas de este tipo son llamadas fórmulas moleculares.

La fórmula molecular del peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$ , indica que hay dos átomos de hidrógeno y dos de oxígeno en una molécula. La relación de átomos de hidrógeno a átomos de oxígeno (2 a 2) no es la más simple (la cual es 1 a 1). Una fórmula que se escribe utilizando la proporción de números enteros más sencilla, se llama *fórmula mínima*. En este caso sería HO.

Como se dijo, existen más conceptos que se deben manejar, pero el principal conjunto básico es la estequiometría.

Aunque ha habido cambios en la forma de aprender estos conceptos, se necesita analizar qué tan buenos o malos han sido y si la respuesta no es satisfactoria, es válido volver atrás y revisar qué es lo mejor.

# **CAPÍTULO 6**

# **Conclusiones**

**"A los ojos del hombre de  
imaginación, la naturaleza es la  
imaginación misma."**

**William Blake**

## Capítulo 6

### ***Conclusiones.-***

La enseñanza experimental, desde sus inicios, ha sufrido muchas transformaciones, generalmente para bien, progresando; pero aún así es necesario y quizá indispensable que se siga prestando una atención muy especial a esta actividad.

Las experiencias de laboratorio ya son impartidas con mayor formalidad que en tiempos pasados, aun cuando, en ciertos casos, todavía se sigan considerando como un requisito nada más.

En todo el mundo está habiendo cambios en éste y en muchos otros aspectos. El laboratorio de química y sobre todo de Química Básica está empezando a tomar el lugar que le corresponde dentro de la enseñanza integral en las ciencias.

México es una nación que tiene las armas para no quedarse atrás, pero ésta debe ser una lucha conjunta, tanto de las autoridades y profesores, como de los que reciben la enseñanza, que son los estudiantes.

Se debe tomar conciencia de lo que vale y cuesta la enseñanza y más si se está hablando de enseñanza experimental, la cual involucra gastos y esfuerzos mayores.

Hay que analizar las fallas en el sistema y trabajar duro sobre ello, tomando en cuenta que se tienen gran cantidad de recursos intelectuales, materiales y de toda índole. El único problema es saber encauzarlos y esto lleva un gran trabajo.

No todas las soluciones son una panacea, pero así como en el laboratorio nos encontramos a veces con situaciones de prueba y error, tenemos que hacer de esto un enorme laboratorio en el que vamos a probar soluciones con opción a rechazo, aceptación o mejora. Nada es definitivo más que el hecho de que se le debe dar más atención a este aspecto de la enseñanza del que hasta hoy se le ha dado.

Nos encontramos en los albores de una nueva generación sobre la cual se abren expectativas incalculables de investigación y desarrollo en todos los campos del conocimiento humano. Con todos los cambios que está habiendo no podemos permanecer estáticos. Debemos de empezar a "sentir" realmente a la química y esto sólo es posible encontrando un contacto directo con ella, que es: en el laboratorio.

Lo más importante de todo es que un programa de laboratorio sea conducido con entusiasmo y una continua revaloración de lo que se tiene en las manos, con intenciones de mejorar y de ir hacia adelante.

"Con una actitud constructiva, se puede mejorar; y en el intento de mejorar no se puede perder!"

---

<sup>1</sup>Henry Bent, James Powers. *Journal of Chemical Education*.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## **Bibliografia**

- Anderson, John R.  
Problem Solving and Learning  
American Psychologist  
Jan. 1993
  
- Beistel, D.W.  
A Piagetian Approach to General Chemistry  
Journal of Chemical Education  
Vol. 52, Num. 3, March 1975
  
- Beresin, I.V. & Sokolovskaya  
Chemistry Laboratory Courses in the Universities of the U.S.S.R.  
Pure & Applied Chemistry  
Pergamon Press Ltd.  
Vol. 50, 1978
  
- Craig, Beryl S.  
The Philosophy of Jean Piaget and its Usefulness to Teachers of Chemistry  
Journal of Chemical Education  
Vol. 49, Num. 12, Dec. 1972

- Choppin, Jaffe  
Química  
Publicaciones Cultural S.A.  
México, D.F. 1977
- Dickson, T.R.  
Introducción a la Química  
Publicaciones Cultural S.A.  
México, 1982
- Fix, William T., Renner John W.  
Chemistry and the Experiment in the Secondary Schools  
Journal of Chemical Education  
Vol. 56, Num. 11, Nov. 1979
- Fowler, Linda S.  
An Application of Piaget's Theory of Cognitive Development in Teaching  
Chemistry: The Learning Cycle  
Journal of Chemical Education  
Vol. 57, Num.2, Feb. 1980
- Freemantle, M.H.  
The Development of Laboratory Courses in Chemistry in Developing  
Countries  
Pure & Applied Chemistry  
Pergamon Press Ltd.  
Vol. 50, 1978

- Gardner Marjorie

Inservice Training for Laboratory Courses

Pure & Applied Chemistry

Pergamon Press Ltd.

Vol. 50, 1978

- Giral, Francisco

Enseñanza de la Química Experimental

Depto. de Asuntos Científicos de la Unión Panamericana

Washington, D.C., 1969

- Haight, G.P. Jr.

Laboratory Teaching in Universities in the U.S.A.

Pure & Applied Chemistry

Pergamon Press Ltd.

Vol. 50, 1978

- Hernández Luna Martín, Llano Mercedes

Propuesta de Reforma de la Enseñanza Experimental

Facultad de Química, UNAM

Agosto 1991

- Mortimer

Química

Grupo Editorial Iberoamérica

México, 1983

- Muir, D.

Hazards in the Chemical Laboratory

The Chemical Society

London, 1977

- Müller C., Dabdoub A., Domínguez y Llano

Evolución Histórica de la Enseñanza de la Química Experimental Básica en  
la Facultad de Química

- Müller C., Dabdoub A., Domínguez y Llano

Panorama Histórico de la Enseñanza Experimental en la Facultad de  
Química de la UNAM

- Patumtevapibal, Saon

Integrating Laboratory Work with Lectures

Pure & Applied Chemistry

Pergamon Press Ltd.

Vol. 50, 1978

- Rao, C.N.R.

Are Laboratory Courses Necessary?

Pure & Applied Chemistry

Pergamon Press Ltd.

Vol. 50, 1978

- Szafran, Pike & Singh

Microscale Inorganic Chemistry

Ed. Wiley

New York, 1989

- Varios Autores

Química General. Laboratorio y Taller.

Ed. SITESA

México, D.F., 1994

- Watton, E.C.

Practical Work in Practice: As I have seen it

Pure & Applied Chemistry

Pergamon Press Ltd.

Vol. 50, 1978