

### Pedagogía y Didáctica

#### EXPERIMENTOS CRUCIALES Y LAS PRACTICAS DE LABORATORIO<sup>†</sup>

Mayeli Gómez Casallas<sup>††</sup>

**C**on el siguiente ensayo se pretende hacer un análisis de la influencia e importancia del trabajo experimental dentro de la química como ciencia y como área de conocimiento.

Si se revisa el trabajo de los químicos a través de la historia y desarrollo de las ciencias se percibe que el experimento ha sido base fundamental del trabajo científico. Sin embargo, vale la pena establecer para este análisis las concepciones de mundo que han influido en el desarrollo y construcción de las ciencias y cómo desde estas se interpreta el experimento.

<sup>†</sup> Ponencia presentada en el Seminario de Pedagogía y Didáctica en el primer semestre de 1998.

<sup>††</sup> Estudiante del Departamento de Química de la U.P.N.

#### EN ESTA EDICIÓN

|   |    |
|---|----|
| Experimentos cruciales y las prácticas de laboratorio                                     | 1  |
| El plasma de Deuterio-Tritio. Fuente de energía   | 6  |
| Caracterización de las actividades evaluativas y su relación con la evaluación por logros | 8  |
| Programas guías de actividades, posibilidades para el trabajo semipresencial              | 10 |
| Divulgación científica  | 13 |

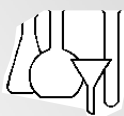
#### EL PLAN DE DESARROLLO

El Departamento de Química, como las otras unidades académicas de la Universidad, se encuentra en la actualidad reformulando sus proyectos curriculares en el interior del diseño de su respectivo plan de desarrollo dándole cumplimiento a la visión y visión de la Univesidad Pedagógica Nacional y la aplicación del Decreto 272 de 1998 que exige, entre otras puntualizaciones, la necesaria acreditación previa de los programas de licenciatura y de especialización en educación.

En el caso del Departamento de Química, el proyecto de desarrollo destaca campos estratégicos como los siguientes: Mejoramiento de la calidad y formación de docentes en ciencias; Cobertura y equidad; Desarrollo de la gestión y fortalecimiento institucional; y, Articulación de ciencia y sociedad.

El horizonte de sentido de todo este proceso es el mejoramiento de la calidad docente, investigativa y de extensión. Se trata de canalizar los esfuerzos y los recursos con miras a asegurar el posicionamiento que el Departamento de Química posee en la cvmunidad educativa nacional e internacional.

A propósito, amable lector, cuál ha sido y en que estado se encuentra el desarrollo del Proyecto Educativo Institucional de la entidad en la cual labora?



**BOLETÍN No 22 JUNIO DE 1998**

**EQUIPO PEDAGÓGICO**

**MAURO PINZÓN RODRIGUEZ QF**  
Jefe del Departamento

**PEDRO NEL ZAPATA. MDQ**  
**ROYMAN PEREZ MIRANDA. MDQ**  
**JULIA GRANADOS DE HERNÁNDEZ. MI**  
**DORA TORRES SABOGAL. MDQ**  
**WILFREDO VÁSQUEZ ROMERO. MI**  
**LUIS ABEL RINCÓN MORA. ME**

Diseño: **L A R M**  
Publicación: **Talleres de la U.P.N.**

**Universidad Pedagógica Nacional**  
**Santafé de Bogotá D.C.**  
**Calle 73 No 11-73 B-436**

Dos extremos antagónicos en lo que se refiere a la visión de mundo son los que se toman como referentes, y son: El empiro-positivista y el deductivista-constructivista, reconociendo que entre estos se encuentra un amplio espectro de concepciones que mantienen una tendencia hacia uno de estos extremos.

A nivel de las ciencias, estas tendencias se preocuparon por el problema del conocimiento, por lo tanto, cada una de ellas establece una serie de principios a través de los cuales se llega al conocimiento de tipo científico.

La corriente empiro-positivista se soporta desde los postulados del empirismo y del positivismo, donde sus más destacados representantes han sido Francis Bacon y Auguste Comte. Desde el empirismo se toma como actitud el atenerse a los hechos comprobados a través de la experiencia, por lo tanto, su método está basado en la observación y la experimentación. Dentro de este contexto, Bacon identificó al conocimiento con la experiencia, dando así fuerza a las ciencias de la observación

proponiendo la observación empírica y el método inductivo -porque se parte de hechos particulares observados a través de la experiencia para plantear leyes generales- como único medio para llegar al conocimiento. Para él, la ciencia no consiste en el conocimiento teórico de la naturaleza sino en el dominio de la misma, pretende hallar un organun (instrumento) nuevo, para lo cual era necesario eliminar los errores o prejuicios que obstruyen la obtención de un conocimiento objetivo de la naturaleza, prejuicios como los que podían generar, frente al conocimiento, los sentimientos o la cultura; por esto, Bacon negó la Psicología y la Teología puesto que tenían que ver con el espíritu que no era concreto y cualquier otro tipo de conocimiento que no se basara en la experiencia, limitando el conocimiento a las cosas del mundo sensible.

Por su lado el positivismo, fue creado por A. Comte (1894) con antecedentes empiristas. Esta corriente defiende la reducción de lo cognoscible a la experiencia inmediata de la realidad, donde debe cumplirse que esta experiencia sea objetiva, por lo tanto, es fruto de un proceso evolutivo que culmina en la etapa positiva (según Comte, centrada solo en los hechos observados y en el descubrimiento de sus leyes), en la que la ciencia, desprendida de adherencias especulativas, podrá conocer la realidad, lo que la naturaleza esconde.

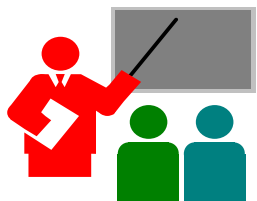
De este modo, desde el empiro-positivismo se concibe un mundo ya ordenado, donde todo está dado, así, dentro de este contexto el papel del investigador es el de descubridor de lo que en la naturaleza existe y de sus leyes, y el experimento es el medio que se utiliza para lograrlo, convirtiendo y reduciendo el conocimiento a la mera experiencia que permite buscar lo que la naturaleza esconde.

Hacer un análisis desde el empiro-positivismo o desde la inducción limita el conocimiento y lo reduce a proposiciones elementales, por esto cobra sentido mirar hacia el otro extremo y analizar lo que desde allí se plantea.

El constructivismo-deductivismo es una concepción desde la cual se concibe un mundo que hay que construir y no descubrir. Bajo este parámetro surgen los planteamientos de K.

desde los cuales la ciencia adquiere una connotación diferente, aquí se entiende la ciencia como un proceso a través del cual se construyen teorías y leyes que pueden contrastarse o corroborarse.

K. Popper (1962) utilizando su postulación sobre la falsación, sostiene que una teoría es falsable cuando se pueden identificar claramente: los enunciados básicos con los que es incompatible (los que excluye o prohíbe), que son los posibles falsadores de la teoría y los enunciados básicos con los que no está en contradicción (o que permite). Este proceso de falsación es apoyado por la experimentación (el experimento) puesto que a través de ella se puede corroborar o contrastar una teoría. Así, es ciencia solo aquello que se puede negar y contrastar. Dentro de este contexto, el experimento tiene un significado diferente porque se convierte en una manera de exponer a falsación una teoría. El experimento y lo que se puede concluir a partir de él son posibles falsadores. Según esta visión, el experimento deja de ser un medio para comprobar, pasando a ser un mecanismo para la contrastación de teorías que han sido construidas a través del quehacer científico y no descubiertas en la naturaleza.



A partir de las consideraciones anteriores se infiere que la segunda concepción, tanto de la ciencia como del experimento, conducen a un trabajo científico más apropiado. Un experimento corrobora o contrasta una teoría frente a otra cuando se constituye en un cambio histórico y es un progreso, lo cual se logra cuando sus resultados son cruciales para la construcción de la teoría que pretende corroborar y son un avance frente a aquella que la contradice. Este tipo de trabajo se conoce como un **EXPERIMENTO CRUCIAL**, y a nivel de la química existen varios de ellos. Como ejemplo, se puede tomar el realizado por Lavoisier y fue crucial porque permitió transformar el sistema

conceptual de la química.

En el "siglo de las luces" la teoría del flogisto reinaba en la química. Su base fue el estudio de la combustión que, para el siglo XVIII, era el problema central de la química. Esta teoría asumía la combustión como una descomposición acompañada de la pérdida de una sustancia que escapaba, abandonando el combustible. El flogisto, del griego "flox" equivalente a llama, sustancia sutil e imponderable, se suponía presente, tanto en los cuerpos inflamables como en los metales calcinables; no tenía ninguno de los tres estados de la materia, ni podía existir aislado. La doctrina del flogisto ofrecía los servicios de una teoría unificadora para un vasto dominio de experiencias inconexas que hasta entonces carecían de un sistema coordinador; además, esta no exigía ruptura alguna con el pasado y sin embargo, se adaptaba al presente lo cual era una condición ideal para esta época.

Los trabajos de los flogicistas se centraron principalmente en la combustión y desde allí también se interesaron por los gases. Joseph Priestley (1733-1804), llegó a aislar y estudiar mayor número de gases que ningún químico antes o después de él. Entre los trabajos que le inquietaban surgió la pregunta sobre si existían gases diferentes del aire atmosférico que fueran respirables; al respecto realizó muchos ensayos y encontró entre las sustancia estudiadas el óxido de mercurio, que al ser calentado liberaba un gas en el que una vela podía arder con llama vigorosa. Pese a lo espectacular del experimento, transcurrió un tiempo antes de que Priestley se diera cuenta de que el gas aislado era el componente de la atmósfera que mantenía la combustión y la vida ( el oxígeno estaba descubierto). Llamó al nuevo gas "aire desflogisticado", convencido que éste debía carecer completamente de flogisto, puesto que absorbía ávidamente el de los cuerpos que ardían en su seno.

Priestley no es el único descubridor del oxígeno, su aire desflogisticado fue obtenido dos años antes que él por el químico sueco Carl W Sheele (1742-1786), quien logró aislar su "aire de fuego". Planteó como hipótesis la posibilidad de separar el flogisto d e l "calórico", aislando así





Otro flogicista, Henry Cavendish (1731-1810) fue un investigador cuantitativo. Sintetizó el agua haciendo saltar una chispa eléctrica a través de una mezcla de aire inflamable y aire común, luego repitió el experimento con gases puros mezclando hidrógeno con oxígeno, es decir, aire inflamable con el aire desflogisticado de Priestley, descubriendo que estos se combinan en proporción de dos a uno. El lúcido significado de estos resultados experimentales, fue un tanto oscurecido por haber sido interpretado dentro de los conceptos de la teoría del flogisto.

El descubrimiento del oxígeno junto con el conocimiento de la naturaleza del aire, ahora, tanto de Priestley como de Sheele, es uno de los grandes legados de la era del flogisto. Así mismo la obra de Cavendish señala a la vez la culminación y el ocaso de esta era. Con sus investigaciones que implicaban número, peso y medida, la teoría esencial cualitativa del flogisto llegó a alcanzar los límites de su rendimiento y sus deficiencias comenzaron a hacerse evidentes.

Paralelamente a las investigaciones de los flogicistas, también trabajaba en estas cuestiones Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) quien no descubrió nuevas sustancias pero en cambio llegó a comprender el significado de los descubrimientos realizados por otros, pero mantuvo la actitud de no admitir nada como cierto antes de someterlo a una prueba experimental, y desde el inicio de sus investigaciones se guió por el axioma básico de la conservación de la materia, que concibe la masa como coeficiente constante de la materia.

Desde 1772, Lavoisier se dedica al problema de la combustión. Comprueba que el azufre y el fósforo al ser quemados aumentan de peso como lo hacen los metales al ser calcinados, pero no tenía una explicación para este hecho, hasta que en 1774 Priestley pasa por París y le informa de su descubrimiento del "aire desflogisticado" en el cual ardían vigorosamente las velas. La mente ágil de Lavoisier intuyó inmediatamente los alcances de aquel descubrimiento para los interrogantes aún abiertos de sus propios experimentos, preguntándose, si el gas que Priestley había logrado expulsar de sales metálicas no sería el

mismo que los metales al calcinarse absorben del aire atmosférico, aumentando sus pesos. Lavoisier repite los experimentos de Priestley en condiciones mejor controladas y con riguroso criterio cuantitativo; sus esfuerzos culminan con su crucial experimento de 12 días. Calienta una masa de mercurio en un volumen de aire atmosférico, se forma una capa roja de polvo -cal de mercurio- que sobrenada al metal. Cuando la capa deja de crecer, Lavoisier la separa del mercurio, la traslada a un recipiente y hace vacío; calentándola comprueba que el mercurio metálico se regenera, devolviendo la cal el mismo volumen gaseoso que el mercurio había absorbido al ser calcinado. El gas devuelto se muestra idéntico al aire desflogisticado de Priestley. Lavoisier lo nombra primero como "aire eminentemente puro" y terminará por llamarlo oxígeno, distinguiéndolo del ázoe - nuestro nitrógeno- que encontró en el recipiente en el que había calcinado el mercurio. Por último, agrega al ázoe la cuarta parte de su volumen de "aire eminentemente puro" y obtiene el aire común con todas sus propiedades

(Papp, D).



Este experimento muestra cómo Lavoisier eligió adecuadamente las condiciones de su experimento, de tal manera que los resultados excluyen toda discusión, con lo cual, a partir a partir de otra serie de experimentos, concluye que todas las formas de calcinación y combustión son combinaciones de combustible con el aire eminentemente puro, sin embargo, esta afirmación se convirtió en un obstáculo porque implicaba admitir erróneamente que todos los ácidos incluyen el aire eminentemente puro, por esta razón lo denominó oxígeno (productor de ácido), sus experiencias sugerían que la unión del hidrógeno con el oxígeno darían un resultado parecido, sin embargo, en 1783 encontraría la solución a este inconveniente.

y decidió repetirlos introduciendo algunas variaciones. Los resultados que obtuvo fueron la base para comprender que el hidrógeno al combinarse con el oxígeno no formaba ácido, como había supuesto, sino simplemente agua. Su síntesis del agua no era original, pero a diferencia de Cavendish -cautivo de la teoría del flogisto- Lavoisier comprendió la formación del agua, concibiéndola como la unión de dos gases. Además, para corroborar su teoría, hace la contraprueba de la descomposición del agua. Con estos resultados logro explicar la formación de hidrógeno que se desprende de metales disueltos en ácidos, explicando que el metal desplaza del agua el hidrógeno y se une con el oxígeno; el óxido así formado se combina con el ácido en solución para dar origen a la sal metálica.

Con el conocimiento de la composición del agua se elimina el último obstáculo que había impedido a Lavoisier extender las conclusiones alcanzadas a todo el amplio dominio de las oxidaciones y reducciones cuya interpretación presuponía, en la mentalidad de los flogicistas, acudir a una sustancia que nadie había logrado definir claramente y aun menos, aislar. Ha llegado, pues, el momento de terminar con la supuesta realidad de ese ente fantasmagórico (Papp, D).

Como resultado de las anteriores investigaciones, hacia el fin de la novena década del siglo XVIII, el sistema conceptual de la química se encuentra transformado e innovado. La nueva teoría está establecida con un criterio cuantitativo, que no solo explica las reacciones conocidas, sino que permite prever otras nuevas. De esta manera el lenguaje hermético de los flogicistas, basado en aparentes analogías, es sustituido por una terminología racional, capaz de expresar los componentes de las sustancias e indicar sus cantidades relativas, empezando así con una nueva interpretación de las reacciones químicas.

De acuerdo con los hechos anteriores, se puede afirmar que los experimentos realizados por Lavoisier fueron cruciales, porque sus resultados llevaron a una reforma de los conceptos básicos que manejaban los químicos del momento. Las conclusiones a las que llegó Lavoisier, equivalen a una verdadera revolución que corta en dos épocas -antes y después de Lavoisier- la historia

de la química.

El ejemplo anterior confirma que los experimentos cruciales son importantes en el desarrollo de las ciencias, puesto que sus resultados se traducen en un avance y un complemento más lógico de las teorías y su estructura conceptual, o sea, que no solo ayudan, sino que permiten la producción de conocimiento científico. Si el experimento de tipo crucial es relevante para el desarrollo de las ciencias, como la química, también constituye un factor esencial en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química.

Las personas dedicadas al trabajo científico, los científicos, hacen conexiones lógicas que vinculan el experimento y la teoría, su trabajo es riguroso y sistemático, y los resultados son sometidos a tratamientos analíticos y estadísticos lo que les permite un avance en el conocimiento. Pero, esto mismo se hace en un experimento vinculado al currículo? Aquí vale la pena hacer un cambio en los términos, puesto que para el caso de la enseñanza-aprendizaje de la química no se emplea el término experimento sino que se hace mención a la práctica de laboratorio o a la experiencia de laboratorio. Estos términos tienen una connotación diferente con respecto al experimento del científico, para este es toda una construcción, pero dentro del currículo se toman experimentos y temáticas trabajadas por unos y otros, para plantear al estudiante una práctica de laboratorio que le permita un acercamiento al trabajo científico y un análisis y comprensión de los razonamientos y métodos que él emplea. En este sentido el trabajo de laboratorio o las prácticas de laboratorio cobran significancia y son relevantes dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Entonces, lo que se persigue es un tipo de práctica de laboratorio que este integrada con una pedagogía que posibilite un aprendizaje significativo de los conceptos, esto implica una comprensión de los mismos y una integración dentro de la estructura mental y conceptual del estudiante en una red estable, amplia y multirrelacionada de significados, pero que además sean susceptibles de ser utilizados o empleados dentro de la cotidianidad.

Asumir las experiencias o prácticas de laboratorio desde una perspectiva diferente y no como una reducción de la complejidad y riqueza



objetivo primordial por conseguir, mediante el trabajo de laboratorio; sin embargo, es también importante dentro del proceso educativo el aprender ciencia y el aprender sobre las ciencias; objetivos que pueden lograrse a través de unas prácticas de laboratorio enfocadas como se ha planteado anteriormente.

De ésta forma las prácticas de laboratorio constituyen un factor esencial a la hora de emprender un proceso de enseñanza-aprendizaje dentro del campo de la química, puesto que posibilita los espacios de construcción y comprensión de los conocimientos científicos. Así mismo, es fundamental para complementar este proceso, analizar los experimentos cruciales que han permitido el desarrollo y construcción teórica y conceptual de la química y de las ciencias en general.

### Bibliografía

BARBERA, O. y VALDES, P. 1996. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. En Enseñanza de las ciencias. Vol. 14 Núm. 3

COMTE, A. 1984. Curso de filosofía positiva. (lec. 1 y 2). Barcelona. Ediciones Orbis.

GIL PEREZ y VALDES, C. 1996. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación; un ejemplo ilustrativo. En: Enseñanza de las ciencias. Vol. 14 Núm. 2.

POPPER, K. 1962. La lógica de la investigación científica. Madrid. Ed. Tecnos.

VÁSQUEZ, A. 1992. Calificaciones, pruebas objetivas y aprendizaje significativo en química y física de COU. En: Enseñanza de las ciencias. Vol. 10 Núm. 3

**RESOLUCION 05560  
Del 8 de julio de 1994**

**Por el cual se fijan los criterios para el establecimiento de planes de profesionalización de bachilleres no escalafonados.**

## Seminario de Química

ZAHAR, E. Experimentos cruciales: estudio de un ejemplo.

### EL PLASMA DE DEUTERIO-TRITIO FUENTE DE ENERGÍA<sup>“</sup>

Juan Porras<sup>“</sup>

**S**e denomina plasma al estado de la materia, cuya principal característica es la elevada ionización de las partículas. En la naturaleza, el plasma débilmente ionizado se observa en la atmósfera en la zona llamada ionosfera y el plasma completamente ionizado se observa en la estrellas calientes.

Para producir un plasma es necesario liberar los electrones que se encuentran normalmente ligados a los átomos. Artificialmente, el plasma se crea en las llamadas válvulas de descarga gaseosa, que son de aplicación, por ejemplo, en los generadores de energía eléctrica. Es evidente que las energías de ionización para muchos elementos van de varios eV a decenas de eV; esta energía, proveniente de colisiones de algún tipo, permite que el electrón adquiera suficiente energía para escapar del campo de fuerza del átomo.

La gran conductividad eléctrica del plasma lo asemeja, por sus propiedades, a los materiales conductores.

La gran interacción de los campos eléctrico y magnético, y las propiedades elásticas del plasma hacen que pueda considerarse como un cuarto estado de agregación de la materia.

La representación de un plasma puede hacerse en términos de la densidad de electrones, la temperatura, la distancia Debye y la frecuencia del plasma. La llama de una vela puede considerarse un plasma aunque el número de electrones por unidad de volumen sea sólo de 400.

<sup>“</sup> Ponencia presentada en el Seminario de Química. 1996