

Enseñanza experimental de la Química. Descubrimiento y solución de problemas

Adolfo Obaya-Valdivia¹

Abstract

This work depicts ideas, suggestions and recommendations around experimental chemistry teaching, through discovery and practical problem solving. With investigation as the most appropriate strategy for concept construction, procedures and attitudes. The students' investigation must be framed in a general model of participation in the classroom, and investigation must integrate daily and scientific knowledge through resolution of practical problems. Therefore, the student approaches his/her conceptions to scientific knowledge. The investigation in the classroom determines a work methodology and a theoretical frame for student performance, the constructivism contributions, team work, and cooperative learning with a complex conception of educational reality.

Resumen

En este trabajo se presentan ideas, reflexiones, sugerencias y recomendaciones en torno de la enseñanza experimental de la Química, procurando el descubrimiento y la solución de problemas prácticos, basándose en la investigación. La investigación en el laboratorio define tanto una metodología de trabajo como un marco teórico que integra las aportaciones del constructivismo, trabajo en equipo y aprendizaje cooperativo.

La investigación en la enseñanza experimental de la Química se adecua a los planteamientos del aprendizaje como construcción de conocimientos, reconoce y potencia el valor de la creatividad, autonomía y la comunicación en el desarrollo de la persona, propiciando la organización de los contenidos en torno al tratamiento de problemas y favoreciendo la profesionalización de los programas de estudio. Asimismo, la investigación determina una metodología didáctica y una evaluación entendida como reflexión-acción de los procesos educativos.

Introducción

El desarrollo humano, el aprendizaje y la instrucción forman una unidad interdependiente. Al desarrollarse intelectualmente el educando adquiere la capacidad para enfrentar simultáneamente varias alternativas y atender varias consecuencias en un mismo período de tiempo y conceder tiempo y atención en forma apropiada a las múltiples demandas que el entorno le presenta.

Esto significa que si el educador desea aprovechar el potencial mental de sus alumnos, debe planear su instrucción de modo que favorezca la flexibilidad mental que caracteriza el desarrollo intelectual. Por ejemplo, debe anticipar que no a todos los estudiantes les va a interesar realizar una misma tarea, que el grado de madurez de unos y otros es variable, que hay unos más innovadores que otros. Por otra parte, es fundamental el contexto del estudiante tanto familiar como comunitario o socio-cultural.

El educador debe mantener permanentemente un diálogo y una comunicación con sus alumnos, lo que contribuye no sólo a que los conozca mejor, sino a obtener la información que requieren para hacer del aula y del laboratorio un lugar de desenvolvimiento pleno para todos (Rugarcía, 2000).

El crecimiento intelectual y psicológico del educando se desarrolla de acuerdo con ciertos patrones en los que toma en cuenta la relación estímulo-respuesta, la interiorización y codificación de la información por parte del educando y la capacidad de expresar sus ideas y deseos.

Gradualmente aprende a "administrar" su conducta ante las diversas fuerzas que lo impactan o lo motivan, y esto obedece particularmente a su capacidad creciente para pensar. El educador debe por tanto tener presente que siempre existe un sujeto pensante que resuelve sus dilemas muy activamente.

Otro factor básico en el crecimiento intelectual es la habilidad para interiorizar los hechos vividos, lo que el estudiante hace de acuerdo con los códigos de que dispone en un determinado momento. El recuerdo de las situaciones experimentadas es fundamental, y se realiza gracias a un sistema de almacenamiento que va estructurando. Esto significa que

¹ FES-Cuautitlán, UNAM.
Depto. de Ciencias Químicas. Campo 1
Cuautitlán Izcalli Edo. México C.P. 54740.

el estudiante tiene la capacidad para ir más allá de la información o de las experiencias suministradas en un momento dado.

Tiene gran significado, por lo tanto, la habilidad del educando para asimilar y memorizar lo aprendido y, posteriormente, para transferir ese aprendizaje a otras circunstancias de su vida. De ahí la importancia de que el alumno analice y evalúe el estímulo desde su propio sistema de codificación y desde la visión del mundo que él ha ido construyendo. Esto requiere un espacio y un tiempo que varía para cada educando en función de su ritmo de crecimiento.

La capacidad del educando para expresar a los demás y a sí mismo, qué hace o espera hacer, es otro elemento fundamental en su evolución, y algo que el maestro o profesor debe facilitar. De este modo, el estudiante logra tomar conciencia de sus preocupaciones e inquietudes, llega a comprender mejor los propósitos que lo animan a llevar a cabo una acción, y a dar una respuesta constructiva a las situaciones que la vida le plantea.

Es importante una interacción sistemática y permanente entre el educando y el maestro o tutor, para facilitar el desarrollo intelectual. Parte esencial de esa evolución es una serie de procesos cognoscitivos, como la conceptualización, la reflexión, la reorganización perceptual y la resolución de problemas, en los que el tutor juega un papel significativo.

El desarrollo intelectual del educando no depende de una simple acumulación mecánica de información, sino que requiere, además, de un intercambio dinámico con su maestro y con sus compañeros. Al educador le corresponde planear la metodología y las situaciones concretas de aprendizaje en que se estimulen los procesos mencionados. Asimismo, debe ser un guía, un asesor, plantear preguntas que promuevan la reflexión en los alumnos, confrontarlos con problemas y experiencias adecuadas que permanentemente promuevan el descubrimiento.

En esa interacción alumno-tutor debe mantenerse una relación de respeto mutuo y de comunicación, una apertura al diálogo, y una disposición de ambos hacia el proceso de enseñanza aprendizaje.

Los sistemas de representación mental

En el proceso de enseñanza-aprendizaje debe haber una adecuada interiorización de conceptos, su almacenamiento en los sistemas representativos del alumno y su posterior transferencia a otras situaciones de la vida. Es de gran importancia analizar, por tanto, los modos de representación mental que emplea el

alumno, sin los cuales no sería posible su memorización o recuerdo ulterior. Se puede dar por medio de acciones, imágenes, palabras u otros símbolos, propiciando los sistemas enactivo, icónico y simbólico (Bruner, 1987).

Cada uno de los sistemas representativos está vinculado con determinadas herramientas o sistemas instrumentales. En el caso de la representación enactiva se trata de conocer algo por medio de la acción; en la icónica, por medio de un dibujo o una imagen; en el sistema simbólico se emplean símbolos, como el lenguaje.

Para comprender mejor lo anterior, se puede poner el ejemplo de un nudo. La representación enactiva nos facilita el poder hacer el nudo; cuando decimos que conocemos el nudo nos referimos a un acto habitual que hemos dominado y que podemos repetir. La representación icónica es la que nos daría una imagen del nudo. La imagen es una analogía muy estilizada, selectiva y simultánea de un suceso experimentado. Finalmente, la representación simbólica (por ejemplo el lenguaje) nos permitiría referirnos al nudo mediante la palabra.

El desarrollo supone un dominio progresivo de estas tres formas de representación y de su traducción parcial de un sistema a otro. Asimismo el educando aprende que la representación de un suceso es siempre selectiva pues no puede incluir todo lo que tiene que ver con él. El aprendizaje escolar debe por tanto facilitar ese proceso selectivo, tanto en las exposiciones verbales como en las redacciones, investigaciones bibliográficas o experimentos de laboratorio (Gómez Moliné y Sanmartí, 2000).

Por otra parte es básico que el alumno comprenda que todos los contenidos de los programas se apoyan en sistemas de representación. Por ejemplo, los símbolos de las operaciones matemáticas corresponden a acciones concretas de agregar, quitar, multiplicar o dividir.

La enseñanza experimental de la Química debe inculcar habilidades y valores (cuadro 1) para fomentar la representación de la propia experiencia y el conocimiento tanto en la escuela como en las demás vivencias del estudiante.

Características

La educación se considera como el resultado de las experiencias pedagógicas, tanto formales como informales, a las que se ve sometido un individuo en el curso de su vida. Educación, por tanto, es el resultado global de las influencias familiares, comu-

Cuadro 1. Valores en que se apoya la enseñanza experimental de la química.

1. Anhelo de saber y entender.
2. Discusión de todas las cosas.
3. Búsqueda de datos y su significado.
4. Demanda de verificación.
5. Respeto a la lógica.
6. Consideración de las premisas.
7. Consideración de las consecuencias.

nitarias, culturales y de formación académica que un determinado grupo humano ofrece a sus miembros.

De acuerdo con lo anterior, la instrucción sería la parte formativa que brindan las instituciones en cualquiera de los niveles usuales de la educación. Es el proceso particular de enseñar algo a alguien.

La instrucción trasciende el currículum, los métodos y la didáctica. Para que sea adecuada es necesario desarrollar en torno a ella un cuerpo de conocimientos teóricos y metodológicos que parta del conocimiento que nos brinda la ciencia y la cultura, que tome en cuenta la evolución psicosocial de los educandos, la naturaleza del aprendizaje y las características metodológicas de la disciplina o profesión que se enseña.

El proceso instruccional es eminentemente social, es decir, depende en gran medida de los agentes de la cultura. La instrucción es un esfuerzo por estimular o moldear el crecimiento, por lo que se deben tener presentes las leyes y patrones de este.

La instrucción consiste en conducir al aprendiz por medio de una secuencia de definiciones y redefiniciones acerca de un problema o cuerpo de conocimientos que aumenta su habilidad para captar, transformar y transferir lo que ha aprendido.

El educador es el responsable de la instrucción y, para enfrentarse con éxito a esta tarea, debe, no solo tener un perfecto dominio de la teoría y práctica de su disciplina, sino conocer muy bien las estrategias que ayudan al alumno a explorar alternativas y resolver problemas.

Una teoría de la instrucción es prescriptiva, es decir que define reglas y procedimientos para adquirir el conocimiento y las habilidades. Además, proporciona los criterios para evaluar la enseñanza o el aprendizaje.

Una teoría del aprendizaje, en cambio, es descriptiva, porque define lo que ocurre después de dado un hecho. Es normativa, ya que define criterios

y señala las condiciones para alcanzarlos. Los criterios deben tener un alto grado de generalidad.

Dentro de la parte prescriptiva es de particular importancia la exploración de alternativas de instrucción, especialmente la experimental, para hacer que esta sea flexible y dinámica. Tres aspectos deben considerarse: la activación el mantenimiento, y la dirección.

La activación

El primer paso para un aprendizaje significativo es lograr que el alumno esté motivado; es decir que tenga un interés intrínseco en los contenidos, experiencias prácticas o discusiones que se den en el seno del laboratorio. La motivación depende en gran medida de la activación que el educador logre despertar en sus alumnos por los temas estudiados. ¿Puede el maestro o el profesor despertar ese deseo por el aprendizaje? ¿Es capaz de suscitar un ambiente favorable al análisis de información resolución de un problema o experimento de laboratorio? Para ello debe buscarse la manera de activar a los estudiantes planeando bien lo que se va a realizar en un momento dado, escoger cuidadosamente experimentos, problemas o preguntas imaginativas o situaciones que ofrezcan expectativas de algo interesante.

Lo contrario a la activación es seguir siempre una rutina aburrida de aprendizaje con un mismo manual de prácticas, idénticas preguntas en los exámenes previos o post-laboratorio y tareas similares de un curso a otro. Los alumnos ya conocen cuáles profesores tienden a caer en este esquema rígido de enseñanza, suelen comunicarse de una generación a otra las costumbres del educador y están poco motivados para permanecer en esas lecciones (Obaya, Noé y Delgadillo, 2001).

Por todo lo anterior se infiere que una condición esencial de un buen maestro o profesor es su capacidad imaginativa, su originalidad en el planeamiento de actividades, formas de interrogar que partan del conocimiento previo del educando integración de la información nueva con la ya conocida y en especial su habilidad para cambiar de estrategia cuando percibe que sus estudiantes se empiezan a cansar o a aburrir.

El mantenimiento

No basta con activar al alumno al inicio de una sesión de laboratorio; debe, naturalmente, mantenerse su interés, curiosidad y su inquietud por aprender, a lo largo de toda la sesión de estudio. Para esto se debe

suscitar un clima en el laboratorio, de modo que la satisfacción por la exploración de un tema sea mayor que los riesgos que implica.

El papel del profesor es cooperar con el alumno, para que este pueda descubrir las dificultades, analizar posibles causas de error y evaluar consecuencias de sus acciones, sin sentirse culpable o ignorante.

La dirección

El aprendizaje experimental debe seguir cierta secuencia en función de la complejidad de los conceptos implicados, los pasos necesarios en la solución de un problema o los métodos a seguir en una demostración o solución de un problema.

Para dar una adecuada dirección a un aprendizaje, el educador debe estar muy familiarizado con la teoría subyacente y poder relacionarla con situaciones prácticas. Por otra parte, debe constantemente tener presente el grado de evolución cognoscitiva de sus distintos alumnos, ya que el estudiante más maduro requiere un tipo de orientación diferente al que se encuentra en los niveles iniciales de la comprensión de un tema.

Una teoría de la instrucción debe especificar las experiencias que hacen que un individuo tenga predisposición hacia el aprendizaje. Por ejemplo, debe hacernos pensar en las situaciones que podrían inducir a un estudiante a aprender un determinado contenido o resolver un problema.

Otro aspecto importante es la especificación de la estructuración adecuada de un cuerpo de conocimiento, para que se facilite su aprendizaje y sea más fácilmente captado por el aprendiz.

Enseñanza experimental de la Química

Aprender es desarrollar la capacidad para resolver problemas y pensar sobre la situación que se enfrenta. De acuerdo con lo anterior, aprender algo es conocer ese algo. Así, por ejemplo, ser experto en cualquier área del quehacer humano es conocer los elementos teóricos y prácticos (métodos, procedimientos, habilidades) que la tarea requiere, haciendo los ajustes que las circunstancias demandan.

La educación nos plantea la responsabilidad de enseñar a los estudiantes a pensar y a descubrir caminos para resolver problemas viejos con métodos nuevos, así como buscarle solución a nuevos problemas para los cuales las viejas fórmulas no son adecuadas. Hay que ayudar al alumno a ser creativo, a innovar, a encarar emergencias e imprevistos (Obaya y Valdés, 1998); para todo esto debe estar preparado el profesor.

Descubrir un camino no es inventar todo; el descubrimiento no ocurre por casualidad, no es ensayo y error.

La importancia del descubrimiento en el proceso de aprendizaje supone crear un ambiente especial en el laboratorio que le sea favorable. Entre los factores que hay que considerar están la actitud del estudiante, la compatibilidad, la motivación, la práctica de las habilidades y el uso de la información en la resolución de problemas y la capacidad para manejar y utilizar el flujo de información en la resolución de problemas.

Se sugiere crear un ambiente de reflexión en el laboratorio que contrarreste la tendencia usual del profesor a utilizar un recetario de prácticas y del alumno a repetir la receta del educador (Gallet, 1998). Sugiere la discusión activa, que busca la aplicación de conceptos estudiados a la vida del estudiante, el planteamiento de problemas de interés para todos, el pedir al alumno que con ejemplos ilustre situaciones analizadas, que señale los puntos esenciales de una lectura hecha o que intente relacionar aspectos teóricos con asuntos prácticos; estas son algunas de las maneras en que el profesor puede provocar una actitud dinámica, investigativa y motivadora en los estudiantes en su trabajo de laboratorio (Obaya y Delgadillo, 2003).

Permanentemente, el alumno debe evaluar las posibles consecuencias de sus acciones (Glagovich y Swierczynski, 2004), y no limitarse a repetir fórmulas o procedimientos señalados en los libros de texto o manuales de prácticas.

El nuevo saber debe ser compatible con el conocimiento que el alumno ya posee, pues, de lo contrario, no sería posible su asimilación y comprensión adecuadas. Una enseñanza que tome en cuenta una secuencia significativa de las nociones analizadas. Eso requiere, por parte del educador, de un conocimiento profundo de su materia, de la relación entre unos conceptos y otros, del encadenamiento natural que se da entre ellos, en el sentido de ir de menor a mayor grado de complejidad.

Además de una programación cuidadosa de los temas en estudio, el profesor debe pedir constantemente a los estudiantes que relacionen los temas nuevos con los ya aprendidos, que den ejemplos de las conexiones que tienen con situaciones previas de aprendizaje o de su vida cotidiana o que reformulen con sus propias palabras las explicaciones recibidas

Un elemento fundamental en la enseñanza ex-

perimental de la química, en el aprendizaje por descubrimiento, es que el educando llegue a sentir la emoción de descubrir, y de entusiasmarse al tomar conciencia de que él puede ejercer creativamente su capacidad de razonamiento o de resolver problemas.

Hay una motivación intrínseca por ejercitar la mente, o al usar la lógica, la imaginación, la curiosidad o la creatividad. Desgraciadamente, las escuelas no aprovechan esa motivación intrínseca por lo que el aprendizaje se transforma en una actividad rutinaria y obligante. De ahí la necesidad de tener que recurrir a presiones externas (como las calificaciones) o de emplear recompensas para que el estudiante estudie.

La variedad en los trabajos y en las tareas propuestas a los alumnos, la búsqueda de situaciones novedosas que de verdad respondan a sus intereses e inquietudes, en los trabajos de tipo experimental, toda actividad que sea espontáneamente atractiva para ellos, puede facilitar una buena motivación interior que conduzca hacia el aprendizaje por descubrimiento (Obaya, Noé y Delgadillo, 2001).

El aprendizaje por descubrimiento exige una total integración de la teoría con la práctica. Por ello, el educador debe crear situaciones concretas de tipo experimental en que los alumnos puedan hacer una aplicación adecuada de los conceptos teóricos adquiridos (cuadro 2).

De ahí la importancia que tiene el pedir al

estudiante que realiza una experiencia que explique en sus propias palabras cada uno de los pasos que ha de realizar (Obaya y Delgadillo, 2003). De ese modo, se evita que se vuelva un simple repetidor de una receta que solo le va a ser útil en algunas ocasiones.

Desde el punto de vista aritmético, por ejemplo, no conviene que el estudiante se limite a aprender el procedimiento mecánico para realizar las operaciones básicas. Si se plantean problemas cuya solución requiera el uso de una operación, se podrá apreciar la verdadera comprensión que los alumnos tienen de esta. Lo mismo sucede en la enseñanza de la química y en todos los niveles escolares incluyendo el universitario.

Al tratar y enfrentarse con problemas reales en el laboratorio, mediante proyectos de investigación como principio didáctico, los estudiantes trabajan en equipos proponiendo de forma continua la búsqueda de nuevas aportaciones de solución a un problema, con un debate de las hipótesis propuestas en un diseño experimental propuesto por ellos mismos (Cuadro 3).

En definitiva, se trata de no primar el producto del proceso sino el proceso mismo, pues interesa más la dinamización de las ideas referidas a la temática del problema que el llegar a una determinada solución (Bennett, 1991; Rugarcía, 2000; Bennett y Kennedy, 2001).

El trabajo con problemas es un proceso complejo que comprende distintos momentos:

- la exploración de nuestro entorno.
- el reconocimiento de una situación como problema.
- la formulación más precisa del mismo mediante objetivos.
- la puesta en marcha de un conjunto de actividades para su resolución.
- la frecuente reestructuración de las concepciones implicadas, y
- la posible consecución de una o varias respuestas al problema.

Consideramos que el término “investigar” es el más apropiado para designar al conjunto de estos procesos.

La investigación como estrategia en la formulación y tratamiento de problemas genera una adquisición de conocimiento y la actuación con la realidad facilita un cambio en el comportamiento del individuo.

El núcleo básico del aprendizaje escolar, se sitúa

Cuadro 2. Algunos ejemplos de experiencias prácticas orientadas a diversos tipos de industrias en el laboratorio de Química.

Tema de la experiencia	Experiencia práctica	Objetivo
Industria farmacéutica	Tabletas farmacéuticas	Determinar cuantitativamente hierro y calcio en tabletas recomendadas en el tratamiento de anemias
Industria minera	Hierro en una Mena	Determinar la cantidad de hierro presente en muestras de minerales como la pirita, limonita o magnetita
Industria del cemento	Cemento de París	Determinar las características físicas que le confieren los óxidos y los cloruros al cemento
Pinturas	Pintura luminosa y termométrica	Preparar dos tipos de pintura para uso industrial a partir de compuestos inorgánicos
Reciclaje de metales	Reciclaje de aluminio y plata	Recuperar aluminio y plata de diversos materiales de desecho tanto comerciales como de laboratorio

en el intercambio de información y resolución de un problema entre los individuos que conviven en el aula y en la construcción colectiva de los significados de manera que en la relación del alumno con el profesor o con sus compañeros es donde se genera el aprendizaje.

La investigación en el aula se refiere no sólo a esas estrategias concretas de enseñanza sino también a un proceso orientador en la toma de decisiones en el aula.

Considerar la investigación como un principio didáctico con los alumnos en el laboratorio es un trabajo práctico donde ellos deben aplicar sus conocimientos ya adquiridos en semestres anteriores en diversas asignaturas, al proponer una experiencia práctica a investigar con los siguientes puntos:

- Consulta de bibliografía actualizada
- Proponer el diseño experimental; adecuado al equipo y material con que cuenta el laboratorio
- Plantear una o varias hipótesis y resultados posibles
- Diseñar un esquema de carácter ecológico que muestre en forma esquemática el desarrollo de cada experimento, incorporando la composición química esperada en cada etapa, el producto, subproductos y residuos
- Realizar el trabajo experimental planteado
- Revisar que productos y residuos pueden ser nocivos o peligrosos para las personas y el medio ambiente, por lo que se requiere conocer sus propiedades físicas y toxicológicas dando una explicación muy resumida del tratamiento recomendado para los residuos
- Concluir, hacer observaciones y recomendaciones integrando en su totalidad el experimento investigado

Suponemos que al referirnos a esta metodología científica estimamos que la investigación del alumno, por su adecuación al proceso de construcción del conocimiento, es el eje en torno al cual se articula todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La enseñanza experimental de la Química reúne las características para integrar, desde una perspectiva interdisciplinaria y ecológica, los conceptos fundamentales del manejo de desechos; la optimización de los procesos; el desarrollo de procesos o tecnologías limpias; cálculo de costo beneficio de procesos tradicionales contra los procesos limpios, ya que en ocasiones los procesos amigables con el ambiente pueden ser costosos.

Cuadro 3. Ejemplo de algunos proyectos resultado de la aplicación de la investigación como principio didáctico en el laboratorio

Ejemplo de proyectos.

Catalizadores heterogéneos en función de la alúmina de cobre.
Recuperación de cadmio de una mezcla industrial de zinc y cadmio.
Recuperación de plata de radiografías de Rayos X.
Análisis cuantitativo de plata, mercurio y plomo en desechos de aguas industriales.
Separación de arsénico del sulfuro de arsénico(III).
Preparación de diferentes complejos de cobre en
Análisis de un producto farmacéutico comercial con propiedades sedativas y ansiolíticas.
Obtención de una lejía comercial con cloro activo para un fin comercial.
Preparación de una mezcla de fertilizantes en forma de polvo
Síntesis de Sólidos Termocrómicos.
Preparación de carbón activado de diferentes fuentes y Comprobación de su efectividad.
Determinación de características físicoquímicas de algunos compuestos que contienen plata, mercurio y cobre.
Fabricación de papel reciclado.
Recuperación y cuantificación de berilio en una muestra de mineral.
Separación cromatográfica de níquel de residuos de laboratorio.

Para facilitar la identificación y naturaleza de los residuos generados durante la experimentación, se propone el diseño de diagramas ecológicos, los cuales deben mostrar en forma esquemática el desarrollo de cada experimento. Se debe incorporar la composición química esperada en cada etapa, el producto, subproductos y residuos, así como una explicación muy resumida del tratamiento recomendado para los últimos.

En la medida de lo posible, el producto de un experimento debe ser materia prima del siguiente lo cual: disminuye la cantidad de residuos generados, el estudiante cuida más la pureza de su producto y sus resultados.

El propósito es proporcionar a los estudiantes una formación integral, ya que se incluye un panorama interdisciplinario y ecológico del trabajo experimental actual de la química.

Se sugiere que al finalizar el trabajo experimental del proyecto de investigación, el equipo debe presentar un informe escrito cubriendo los siguientes rubros:

- Portada
- Índice general

- Índice de tablas y figuras
- Introducción y justificación del proyecto
- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Antecedentes del proyecto
- Materiales y métodos del proyecto
- Esquema de carácter ecológico
- Resultados y discusión
- Implicación económica de la demanda y consumo, tanto del producto como de reactivos
- Manejo de residuos y su impacto ambiental
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Bibliografía

Conclusiones

Siendo la Química una ciencia experimental se deben propiciar experiencias de aprendizaje por medio de las cuales el estudiante descubra los hechos de la Naturaleza; lo guíe en la búsqueda de explicaciones válidas a los hechos que descubre; proponga y comunique los conocimientos básicos sobre conceptos, principios, generalizaciones; proponga y proporcione, sobre todo, la metodología y su utilización para que los estudiantes sigan descubriendo y explicándose los hechos de la naturaleza por sí mismos; propicie y guíe al alumno a formarse una conciencia crítica que le ayude a conocer, manejar, aprovechar y respetar la naturaleza. Una situación que permita al alumno convertirse en sujeto de su propio desarrollo y formación.

En la enseñanza experimental de la Química es esencial la claridad al exponer un concepto o noción nuevos. El profesor debe por tanto, hacer una selección de los contenidos que va a ofrecer a sus educandos ya que un principio elemental de una instrucción clara es evitar brindar demasiadas ideas, lo que solo puede causar confusión en los educandos.

La enseñanza experimental de la Química debe procurar el descubrimiento y la solución de problemas. Para ello debe basarse en la investigación.

La investigación en el laboratorio define tanto una metodología de trabajo como un marco teórico (modelo didáctico) que integra las aportaciones del constructivismo, trabajo en equipo y aprendizaje cooperativo.

La investigación como principio didáctico, en la enseñanza experimental de la Química, se adecua a los planteamientos del aprendizaje como construcción de conocimientos, reconoce y potencia el valor de la creatividad, autonomía y la comunicación en

el desarrollo de la persona, propiciando la organización de los contenidos en torno al tratamiento de problemas y favoreciendo la profesionalización de los programas de estudio.

Asimismo la investigación determina una metodología didáctica y una evaluación entendida como reflexión-acción de los procesos educativos.

El tratamiento de problemas, en la enseñanza experimental de la Química, propicia el aprendizaje significativo en la medida en que:

- Facilita que expliciten y pongan a prueba las concepciones del alumno implicadas en la situación-problema.
- Fuerza la interacción de esas concepciones con otras informaciones procedentes de su entorno físico y social.
- Posibilita el que en esa interacción, se reestructuren las concepciones del alumno.
- Favorece la reflexión sobre el propio aprendizaje y la evaluación de las estrategias utilizadas y de los resultados obtenidos.
- En el laboratorio de Química permite una integración de profesores y alumnos en la solución de problemas prácticos de carácter interdisciplinario mediante el trabajo en equipo y el aprendizaje cooperativo.

Con base en nuestra experiencia docente, en la enseñanza experimental de la Química, la investigación en el laboratorio, como principio didáctico, motiva al estudiante para el trabajo en equipo de carácter interdisciplinario y mejora su rendimiento académico.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis colegas: Elía Catalina León Arias, Rafael García Barrera y Victoria Hernández Palacios, el compartir experiencias de enseñanza aprendizaje en el área de Química Experimental Aplicada en la FES-Cuautitlán UNAM, lo que ha permitido la integración y el trabajo en equipo en beneficio de la docencia de esta área.

Bibliografía

- Bennett, N., Cooperative learning in classrooms: processes and outcomes. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **32**, 581-594 (1991).
- Bennett, J. and Kennedy, D., Practical work at the upper high school level: the evaluation of a new model of assessment. *International Journal of Science Education*, **23** [1], 97-110 (2001).

- Bruner, J. *La Importancia de la Educación*. Madrid: Ediciones Paidós (1987).
- Gallet, C., Problem solving teaching in the Chemistry Laboratory: Leaving the Cooks, *Journal of Chemical Education*, **75** [1], 72-77 (1998).
- Glagovich, N. y Swierczynski, A. "Teaching Failure in the Laboratory". *Journal of College Science Teaching*, **33** [6], 45-47 (2004).
- Gómez-Moliné, M.R. y Sanmartí, N. "Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje". *Educación Química*, **11**[2], 266-273 (2000).
- Obaya, A. y Delgadillo, G. La investigación como principio didáctico en el laboratorio de Química Industrial. *Educación Química*, **14** [1], 10-1 (2003).
- Obaya, A., Noé, M. y Delgadillo, G. Estudio exploratorio de actitudes en la enseñanza experimental. *Educación Química*, **12** [1], 38-41 (2001).
- Obaya, A. y Valdés, S. El perfil del profesional del área de la Química. *Revista de la Sociedad Química de México*, **42** [3], 141-144 (1998)
- Rugarcía, A. Los retos en la formación de ingenieros químicos. *Educación Química*, **11** [3], 319-330 (2000).
- Henderson, L. and Buising, C. "A Peer-Reviewed Research Assignment for Large Classes". *Journal of College Science Teaching*, **30** [2], 109-113 (2000).
- Krockover, G. "Action-Based Research Teams: Collaborating to Improve Science Instruction". *Journal of College Science Teaching*, **30** [5], 313-317 (2001).
- Liu, X. "Synthesizing research on student conceptions in science", *International Journal of Science Educatio* , **23** [1], 55-81 (2001).
- Obaya, A. and Palacios, J. "Cooperative Group Strategy Applied to Activities in a Polymer Chemistry Course". *Science Education International* **8** [2], 15- 21 (1997).
- Ritchie, S.M. "Actions and discourses for transformative understanding in a middle school science class". *International Journal of Science Education*, **23** [3], 283-299 (2001).
- Rogers, L. "Integrated Learning Systems—an open approach". *International Journal of Science Education*, **23** [4], 405-422 (2001).
- Rugarcía, A., Felder, R., Woods, D. y Stice, J. *El futuro de la educación en ingeniería*. UIA Golfo Centro, México (2001).
- Tomkins, S. and Dale, S. "Looking for ideas: observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations". *International Journal of Science Education* **23** [8], 791-813 (2001).
- Van den Berg, E. and Grosheide, W. "A Module for Teaching About Energy". *Science Education International*, **12** [2], 10-15 (2001).

Bibliografía complementaria

- Alsop, S. "Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study". *International Journal of Science Education*, **23** [3], 263-282 (2001).