

Estudios originales y rigurosos de interés general, que involucren análisis, organización sistemática y reflexionada, explicación teórica y predicciones viables.

La investigación como principio didáctico en el laboratorio de Química Industrial

Adolfo Obaya V. y Graciela Delgadillo G.*

Resumen

Se pretende fomentar la investigación, en el alumno que cursa el laboratorio de Química Industrial, como la estrategia más adecuada para la construcción de conceptos, procedimientos y actitudes. La investigación del alumno ha de enmarcarse en un modelo general de intervención en el aula e integrar, en forma de saber escolar, las aportaciones del saber cotidiano y del saber científico, partiendo de la resolución de problemas prácticos. Propicia que el alumno vaya aproximando sus concepciones al conocimiento científico. La investigación en el aula define tanto una metodología de trabajo como un marco teórico (modelo didáctico) que integra las aportaciones del constructivismo, trabajo en equipo y aprendizaje cooperativo.

Abstract

The present work is intended to enhance the investigation on the part of students in the laboratory of Industrial Chemistry, as the most appropriate strategy for the construction of concepts, procedures and attitudes. The students' investigation must be framed in a general model of participation in the classroom and the investigation must integrate daily knowledge and the scientific knowledge through resolution of practical problems. So, the student approaches his/her conceptions to scientific knowledge. The investigation in the classroom determines a work methodology and a theoretical frame (didactic model) for the performance of students, the contributions of constructivism, team work and cooperative learning with a complex conception of the educational reality.

Introducción

Si se toma como referencia una concepción cons-

tructivista del aprendizaje hay que admitir que éste se produce por interacción entre el conocimiento de que dispone el alumno y las nuevas informaciones que le llegan. Ello obliga a considerar las concepciones de los alumnos no como "conocimiento erróneo" (por el hecho de que no se ajuste a lo que se considera correcto, desde el punto de vista científico) sino como bases o puntos de engarce sobre los que se irán construyendo los nuevos conocimientos.

Las concepciones que tienen los alumnos acerca de los diversos aspectos de las materias académicas difieren, pues, significativamente, de los contenidos de los programas escolares, con el agravante de que, además, suelen estar muy arraigadas en el individuo y ser muy resistentes al cambio. Esto no debe extrañarnos si se tiene en cuenta que los alumnos están integrados en un contexto que les obliga a dar respuestas y soluciones a multitud de problemas o cuestiones sobre los más diversos asuntos.

Sin embargo, lo más frecuente es que esto no sea tomado en cuenta a la hora de plantear y desarrollar el proceso de enseñanza, en la mayoría de los casos, por no prestarle suficiente atención, en otros, por no saber cómo enfrentarse al asunto.

Partir de las concepciones de los alumnos

¿Qué hacer con las concepciones de los alumnos? Es necesario ayudar al alumno a explicarlas, lo que permitirá, al mismo tiempo, que el profesor las vaya conociendo y obtenga una visión general de las más frecuentes y de las que más puedan incidir en el proceso del aprendizaje. La explicitación de las concepciones tiene grandes ventajas, no sólo para el profesor, como informaciones fundamentales para planificar estrategias de enseñanza, sino también para el alumno que, al tener conciencia de sus propias concepciones, se pone en disposición de reflexionar sobre ellas y enfrentarlas con nuevas informaciones, lo que provocará su posible reestructuración y la construcción de nuevos conocimientos.

¿Cómo hacer que el alumno explicita sus ideas previas?, ¿Cuándo es el momento más oportuno? Es deseable que el profesor vaya indagando las concepciones a

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

Correo electrónico: obaya@servidor.unam.mx

Recibido: 4 de diciembre de 2001; aceptado: 5 de junio de 2002.

través del desarrollo normal de las actividades de enseñanza, mediante el análisis continuo de la producción de los alumnos y la observación en el aula; pero puede tener gran utilidad prever algunas actividades específicas de exploración, sobre todo al comienzo de una unidad o de un conjunto de unidades conectadas entre sí.

La indagación individual de las concepciones puede ser complementada con la indagación en equipo o en grupo (Eilks, 2000; Krockover, 2001; Levine, 2001), sobre todo la entrevista o la “enseñanza socrática”, basada en el diálogo profesor-alumno que va estimulando el descubrimiento y la explicación (Alsop, 2001; Ritchie, 2001).

Tras la explicitación de las concepciones se inicia la contrastación —que se desarrollará a lo largo de toda la secuencia de actividades— de las concepciones previas con las nuevas informaciones que se van generando, en un proceso continuado de reajuste cognitivo, que es, en definitiva, el proceso de construcción del conocimiento.

Un momento adecuado para establecer la conexión entre la explicitación de concepciones y el inicio de la contrastación es el del establecimiento de posibles hipótesis.

¿Qué interés tiene establecer hipótesis? No se trata exactamente de emular las fases de una metodología experimental, sino más bien de que, ya que espontánea y casi automáticamente suelen surgir “respuestas” a las cuestiones planteadas, se propicie su expresión, lo que, además de facilitar la explicitación de las concepciones, serviría, asimismo, para establecer caminos por los que dirigir y canalizar el proceso de búsqueda de respuestas.

¿Quién formula o establece las hipótesis? Que lo haga el alumno, individualmente, así tendrá la ventaja de facilitar la explicitación de sus concepciones, tarea en la que el profesor debe aportar su ayuda. Pero también se puede hacer en pequeños grupos o partir de hipótesis ofrecidas por el profesor.

A partir de aquí lo que habría que garantizar, desde la metodología, es someter a cuestionamiento estas “respuestas de partida”, a lo largo de las actividades posteriores, mediante estrategias adecuadas. No se trata, insistimos, de validar, de forma convencional, las hipótesis, sino de propiciar la confrontación entre respuestas iniciales y nuevas informaciones, en orden a la elaboración de conclusiones finales, en definitiva, de nuevos conocimientos (Liu, 2001; Rogers, 2001).

Trabajar con nuevas informaciones

Definidas unas líneas de actuación que canalicen la construcción de respuestas a los problemas planteados, se inicia una fase de trabajo, en la que interactúan gran diversidad de informaciones (contenidos) puestas en juego en el proceso de aprendizaje.

Se va desarrollando así el complejo proceso de reestructuración de conocimientos que es el proceso de aprendizaje y el proceso de aplicación de la metodología (figura 1).

Estas informaciones proceden de fuentes muy diversas. En primer lugar, juegan un papel importante las informaciones constituidas por los aprendizajes anteriores de los alumnos, base sobre la que se consolidarán los nuevos conocimientos.

Otra fuente fundamental de información es la propia realidad socrática en que se desenvuelve el alumno. Así, el contacto directo con el medio constituye una valiosa fuente de información potencialmente significativa para el alumno, por la cantidad de experiencias que le han proporcionado y proporciona en orden a la construcción de multitud de conocimientos que luego van a estar implicados en los procesos de aprendizaje escolares.

El profesor es otra fuente de aportación de información en diversos momentos del proceso. No sólo explica, sino que introduce temáticas, recapitula conclusiones, aporta instrucciones para las actividades, etcétera. Pero no hay que olvidar que los alumnos, en forma de aportaciones individuales, trabajo en equipo, puestas en común, etcétera, aportan también interesantes informaciones con las que hay que contar.

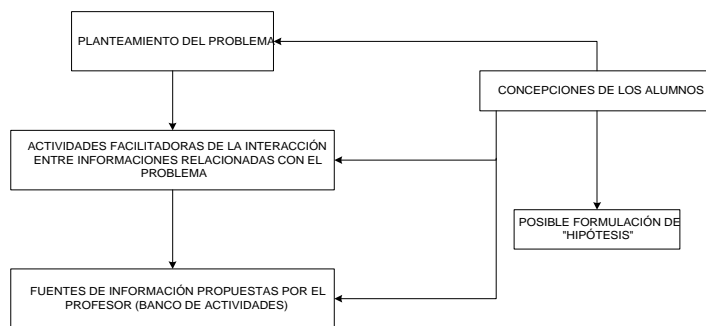


Figura 1. En el momento de la interacción, una vez explicitadas las concepciones de los alumnos, comienza un intercambio de puntos de vista y una búsqueda de informaciones que posibilitan la reestructuración de esas concepciones.

Los libros de texto o de consulta, materiales diversos del tipo de los compendios documentales, el archivo de clase, los recursos audiovisuales, etcétera, constituyen, a su vez, un grupo de fuentes de información muy ricas y diversificadas, a las que hay que sacar partido, ajustando su utilización al tipo de metodología empleada y organizándolas, previamente, por ejemplo, en forma de biblioteca y archivo de clase.

Tener en cuenta que todas estas fuentes de información son contenidos (al menos potenciales) que se utilizan en los aprendizajes escolares implica la adopción de una perspectiva diferente de la tradicional (que suele contemplar solamente el libro de texto, las explicaciones del profesor...) a la hora de diseñar y aplicar una metodología.

Por la extensión de esta fase y por la abundancia de informaciones que en ella se manejan, resulta indispensable establecer una clara secuenciación de las actividades, necesidad avalada también por el hecho de que la mayoría de los problemas con los que se suele trabajar admiten diversas estrategias para su resolución, en función de su complejidad y de otros factores.

Ello implicaría, si no exactamente un diseño experimental de la investigación (esto sería opinable y dependería, en todo caso, del contexto y de la asignatura de que se trate), sí, al menos un inventario de los recursos a utilizar y el establecimiento de determinados criterios para la organización de las actividades previstas.

¿Qué es lo que ocurre cuando interaccionan las nuevas informaciones con las informaciones previas de que disponía el alumno y sobre las cuales se va construyendo el nuevo conocimiento? El resultado de este proceso de interacción, es decir, en definitiva, el resultado del aprendizaje, no siempre es la “sustitución” de las concepciones anteriores por nuevos modelos (si así fuera, no nos estaría planteando, quizás, la necesidad de una metodología determinada: cualquiera sería útil), antes bien; frecuentemente, las concepciones previas (fuertemente arraigadas y resistentes al cambio) pueden producir un bloqueo o, al menos, dificultar notablemente la asimilación real del nuevo conocimiento.

¿Qué estrategia adoptar para la introducción de los nuevos conceptos, procedimientos, etc.? Convendría adoptar una estrategia, progresiva y adecuadamente secuenciada, de aportación de nuevos conocimientos, siguiendo un modelo de progreso en espiral.

Una estrategia de estas características se basa en

el supuesto de que el “error” (la concepción errónea, desde un punto de vista científico o académico) no es un perjuicio para el aprendizaje (ni debe, por tanto, ser sancionado como tal), sino un punto de partida y de apoyo sucesivo para la progresiva construcción conceptual. Conviene, en este sentido, tener suficientemente definida la trama conceptual de la asignatura, así como la de procedimientos, actitudes, etc., a fin de seguir las vías más adecuadas para favorecer los procesos de aprendizaje del alumno.

La elaboración de conclusiones

El momento de obtención de conclusiones llega como resultado o culminación “natural” del proceso investigativo seguido por el alumno. La obtención de conclusiones guarda una estrecha correlación con la construcción del conocimiento en dicho alumno: sería como la manifestación externa de la actividad interna de reestructuración de las concepciones. Desde esa perspectiva las conclusiones se van obteniendo, en un proceso continuado, al mismo tiempo que se van construyendo los conocimientos, en la interacción conocimientos anteriores-nuevas informaciones (figura 2).

Pero recapitular al final propicia la reestructuración de los conocimientos y, en definitiva, la aclaración de conceptos. Plantear, pues, específicamente la tarea (que debería ser personal) de sintetizar los resultados de lo trabajado contribuye a fijar lo aprendido. Más aun, la posibilidad de expresarlo obliga a la citada aclaración.

Preparar, por ejemplo, en un equipo pequeño una puesta en común de lo trabajado tiene la doble ventaja de favorecer la construcción de conocimientos en los participantes del grupo y de enriquecer los aprendizajes del conjunto de la clase mediante la comunicación en gran grupo y el debate general, favoreciendo la interacción social en el aula (Henderson and Buising, 2000).

En todo caso, la forma más adecuada para consolidar la asimilación de conceptos, procedimientos, actitudes, etc., aprendidos es proporcionar al alumno la responsabilidad de poner en práctica sus nuevos aprendizajes, de forma que pueda comprobar por su propia experiencia, ello ayudará a fijar los conocimientos asimilados y fomentará la confianza del alumno en sus propias capacidades.

No se trata tanto de contemplar una “fase” específica de aplicación de lo aprendido sino de establecer estrategias que lleven a la realización de aplicaciones a lo largo de toda la secuencia de actividades,

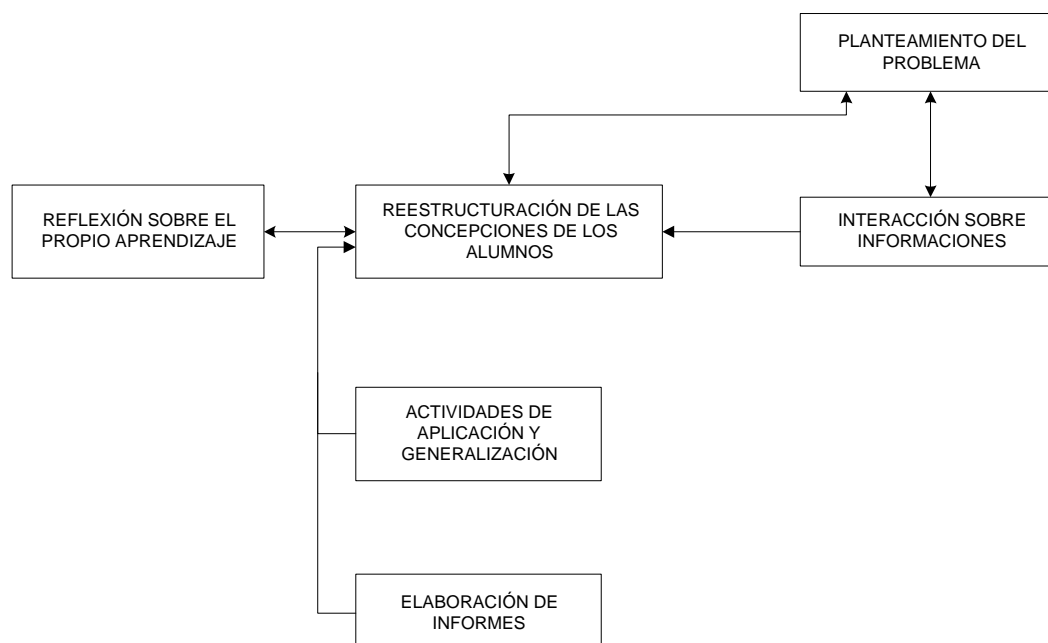


Figura 2. Aspectos relacionados con la reestructuración de las concepciones de los alumnos.

así como de prever, sistemáticamente, en unidades posteriores, la puesta en juego de los aprendizajes realizados anteriormente. De esta forma, además, al tiempo que el alumno va diferenciando el nuevo aprendizaje del contexto concreto en que lo asimiló, al aplicarlo a otros contextos o situaciones va enriqueciendo también progresivamente sus construcciones cognitivas en la línea del progreso en espiral.

Resultan útiles, a este respecto los denominados “problemas de aplicación”, pues permiten realizar de forma rápida aplicaciones de los contenidos adquiridos a nuevas situaciones, sin necesidad de diseñar investigaciones propiamente dichas sobre nuevos problemas (Tomkins and Dale, 2001).

En relación con la aplicación hay que tener en cuenta que entre las actividades “finales” del proceso investigativo resulta útil incluir algunas (pueden ser las propias actividades de evaluación, en las que participen los alumnos) que favorezcan la reflexión sobre lo aprendido, tomando conciencia del camino de aprendizaje recorrido y de cómo ha sido realizado, desde la perspectiva de la funcionalidad de los nuevos aprendizajes para resolver “situaciones” que al principio del proceso hubieran resultado prácticamente irresolubles a dichos alumnos (Bennett and Kenedy, 2001; Van den Berg and Grosheide, 2001).

Es dentro de ese planteamiento como el alumno

puede realizar una reflexión sobre su propio proceso de aprendizaje (meta-aprendizaje), analizando la forma en que han cambiado sus concepciones, valorando la eficacia de las distintas estrategias utilizadas en la “resolución” de los problemas, etcétera, de forma que se vaya desarrollando su propia capacidad de “aprender a aprender”.

En concreto, como ejemplo de actividades que pueden favorecer la reflexión, aplicación y obtención de conclusiones, sobre la investigación como principio didáctico presentamos un ejemplo en el laboratorio de la carrera de Química Industrial que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM.

Su aplicación en el Laboratorio de Química Industrial

Química Industrial es una asignatura de carácter teórico-experimental, con valor de 10 créditos. Su laboratorio, con un enfoque inorgánico, se imparte en sexto semestre de la carrera de Químico Industrial, con valor de 4 créditos correspondiendo a 4 horas semanales de impartición.

Con un promedio de 20 a 24 alumnos por semestre, con edad promedio de 21 años, 48% mujeres y 52% hombres, conformándose de 6 a 7 equipos de trabajo con tres integrantes por equipo.

Empleando estrategias de aprendizaje coopera-

tivo y trabajo en equipo (Jones and Steinbrink, 1988; Obaya and Palacios, 1997) para la resolución de problemas reales.

Tomando en consideración el tiempo que dura el semestre (16 semanas), el curso se divide en tres etapas:

- 1^a. Normas y lineamientos de seguridad en el laboratorio;
- 2^a. Experiencias en prácticas determinadas con diferentes aplicaciones a diversos tipos de industrias, y
- 3^a. Proyecto de investigación con énfasis en algún tipo de industria

En la primera etapa de laboratorio, se les plantea a los estudiantes la situación que deben observar, enfrentar y resolver ante diferentes tipos de problemas como dinámica de su proceso de formación, entre los que se destacan:

- Funciones, derechos y obligaciones de protección civil;
- Peligrosidad en el manejo de reactivos y sustancias tóxicas en un laboratorio industrial;
- Acciones propias ante un terremoto y/o un incendio, y
- Equipo y vestimenta para seguridad y protección al trabajar.

La segunda etapa comprende una serie de experiencias en prácticas determinadas cuyo propósito es continuar con la formación en el trabajo experimental, con un enfoque de carácter aplicativo e interdisciplinario, que permita la integración de conceptos y contenidos adquiridos en asignaturas anteriores (cuadro 1).

En la tercera etapa, al tratarse y enfrentarse con problemas reales, mediante proyectos de investigación como principio didáctico, los estudiantes del laboratorio de Química Industrial, 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.

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).

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 mas 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 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.

Por esta razón se plantea que al proporcionar información todos los integrantes del laboratorio de Química Industrial acerca de los tópicos mencio-

Cuadro 1. Algunos ejemplos de experiencias prácticas orientadas a diversos tipos de industrias en el laboratorio de Química Industrial.

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 deshecho tanto comerciales como de laboratorio.

nados como “problemas” (cuadro 2), entendamos que 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 del Laboratorio de Química Industrial es un trabajo práctico a realizarse en el laboratorio donde ellos deben aplicar sus conocimientos ya adquiridos en semestres anteriores en las asignaturas de Química General y Química Inorgánica, 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 de la Facultad;
- plantear una o varias hipótesis y resultados posibles;
- realizar el trabajo experimental planteado;
- 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.

Al finalizar el trabajo experimental del proyecto, el equipo presenta un informe escrito cubriendo los siguientes rubros:

- Portada.
- Índice general.
- Índice tablas y figuras.
- Introducción y justificación del proyecto.
- Objetivo general.
- Objetivos específicos.
- Antecedentes del proyecto.
- Materiales y métodos del proyecto.
- Resultados y discusión.
- Implicación económica de la demanda y consumo, tanto del producto como de reactivos.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Bibliografía.

Conclusiones

La investigación como principio didáctico se adecúa 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 organiza-

Cuadro 2. Ejemplo de algunos proyectos resultado de la aplicación de la investigación como principio didáctico en el laboratorio de Química Industrial.

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 el estudio de espectro de ligandos.
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.

ción de los contenidos en torno al tratamiento de problemas y favoreciendo la profesionalización de los programas de estudio; como es el caso del laboratorio de Química Industrial.

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

El tratamiento de problemas, en la investigación como proceso didáctico, 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 Industrial ha permitido 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, la investigación como principio didáctico en el laboratorio de Química Industrial motiva al estudiante para el trabajo en equipo de carácter interdisciplinario y mejora su rendimiento académico.

Algunos comentarios de los estudiantes ante esta forma de trabajo son:

- “En esta asignatura, aprendimos a resolver problemas de química de una manera independiente”.
- “En este curso, con el propósito de resolver problemas reales, integramos conocimientos de las diferentes áreas de la química”.
- “En esta clase, se nos estimuló a trabajar con base a nuestra propia iniciativa y capacidad de reflexión para la solución de problemas reales”.
- “En esta asignatura, planteamos nuestros propios objetivos y la manera de cómo alcanzarlos”.

Referencias

- Alsop, S., Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study, *International Journal of Science Education*, **23** [3], 263-282 (2001).
- Bennett, N., Cooperative learning in classrooms: processes and outcomes, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **32**, 581-594 (1991).
- Bennett, J. and Kenedy, 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).
- Eilks, I., Promoting scientific and technological literacy: teaching Biodiesel, *Science Education International*, **11**, [1], 16-21 (2000).
- Henderson, L. and Buising, C., A peer-reviewed research assignment for large classes, *Journal of College Science Teaching*, **30**, [2], 109-113 (2000).
- Jones, R.M. and Steinbrink, J.E., Using cooperative groups in science teaching, *School Science and Mathematics*, (7), 541-51 (1988).
- Krockover, G., Action-based research teams: collaborating to improve science instruction, *Journal of*

- College Science Teaching*, **30**, [5], 313-317 (2001).
- Levine, E., Reading your way to scientific literacy, *Journal of College Science Teaching*, **31**, [2], 122-125 (2001).
- Liu, X., Synthesizing research on student conceptions in science, *International Journal of Science Education*, **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., Los retos en la formación de ingenieros químicos, *Educación Química*, **11**, [3], 319-330 (2000).
- 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

- Anaya, A. y Landgrave, J., Desarrollo de habilidades en el proceso de enseñanza aprendizaje de la ingeniería química, *Educación Química*, **9**, [5], 303-309 (1998).
- Anaya, A. y Landgrave, J., Reflexiones sobre el mecanismo de evaluación del aprendizaje en la enseñanza de la ingeniería química, *Educación Química*, **10**, [1], 49-53 (1999).
- Gómez-Moliné, M.R. y Sanmartí, N., Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje, *Educación Química*, **11**, [2], 266-273 (2000).
- Rugarcía, A. y Anaya, A., Aprendizaje en equipo en la formación de ingenieros, *Revista del IMIQ*, julio, 27-36, 1994.
- Rugarcía, A., Felder, R., Woods, D. y Stice, J., *El futuro de la educación en ingeniería*, UIA Golfo Centro, México (2001).