

# Una Experiencia con la Estrategia de Grupos Cooperativos en la Enseñanza de la Ingeniería Química

Armando Espinosa H.\* y Joaquín Palacios A.\*\*

## RESUMEN

Desde 1995 la Universidad Nacional Autónoma de México ha venido desarrollando el Programa de Apoyo a Proyectos Institucionales de Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME), para financiar proyectos de docencia en todas las áreas buscando, al incentivar la investigación en esta temática, lograr una mejora sustancial en la formación impartida. El presente trabajo revisa antecedentes, estudia y analiza la estrategia de pequeños grupos cooperativos en cursos técnicos, la utiliza en la asignatura nuclear de Ingeniería Química, Fenómenos de Superficie, y formula conclusiones y recomendaciones.

## INTRODUCCIÓN

Con el propósito de explorar y evaluar nuevas alternativas pedagógicas que redunden en el mejoramiento de la enseñanza, en especial el desarrollo de la asignatura Fenómenos de Superficie, de la Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química - UNAM, durante el primer semestre de 1998, se utilizó una metodología combinada entre la instrucción tradicional formal y la estrategia de grupos cooperativos. El cuerpo básico y fundamental de conceptos fue presentado por el Profesor Titular de la asignatura y con la intención de consolidar, complementar, desarrollar habilidades manuales y propiciar la relación de los fundamentos teóricos con la realidad, se empleó el trabajo en pequeños grupos cooperativos.

Entre los propósitos de esta técnica están los de propiciar una interacción retroalimentada entre los alumnos al permitirles actuar como maestros, incentivar aptitudes para el trabajo en equipo y lograr una formación más integral.

Se presenta aquí un resumen sobre qué se hizo, cómo se hizo, la metodología utilizada y los resultados obtenidos.

## I. MARCO TEÓRICO

Se ha reportado por diversos investigadores [1,3,4,7] que la instrucción en pequeños grupos, donde los estudiantes trabajan asociados sin el permanente ("intimidatorio?!", "autoritario?!", "inhibitorio?!") control del profesor, propicia una mejor predisposición y motivación hacia el aprendizaje, logrando una actitud mucho más activa, comprometida y participativa, generalmente ausente cuando se emplea el método tradicional centrado en la actividad del profesor y que la mayoría de las veces ni consulta, ni incentiva e inclusive en algunas ocasiones ni requiere de la participación activa del alumno. Las conclusiones reportadas por diferentes investigadores [2,4,5,8] afirman que con una estrategia instruccional, basada en pequeños grupos, se obtienen resultados superiores, cuantificados en mejores realizaciones, diversidad de actividades y un mayor compromiso, empeño y motivación. Probablemente se logre también un pensamiento más crítico, un mejor desarrollo cognoscitivo y una formación más social; estas cualidades son de incalculable valor para la formación de individuos más integrales [1,2,6,8].

La eficiencia de esta estrategia puede ser explicada desde diversos puntos de vista. En términos del proceso cognoscitivo, el trabajo en pequeños grupos autónomos permite al estudiante revisar, ordenar, estructurar y sintetizar sus conocimientos, elaborar ensayos con sus ideas y relacionar el material objeto de estudio en un esquema o marco conceptual propio con una dinámica centrada en sí mismo. Esto ocurre a la velocidad óptima de aprendizaje, que es una condición muy personal, resultado de la integración de múltiples características individuales que involucran no sólo sus habilidades, sus

\* Profesor Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química, Santafé de Bogotá. Profesor visitante durante 1998 en la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

\*\*Joaquín Palacios A. Profesor Titular, Facultad de Química, Ingeniería Química, Universidad Nacional Autónoma, México

aptitudes, su motivación sino también su experiencia extraescolar [2,7,8].

El ejercicio de explicar y recibir explicaciones genera una actitud positiva de emulación y retroalimentación; el análisis de un concepto y la elaboración de una respuesta constituyen un aporte significativo en el aprendizaje. El proceso de teorizar para analizar las afirmaciones correctas o erradas de diferentes interlocutores es un ejercicio mental muy enriquecedor y constituye una alternativa generalmente ausente en el esquema tradicional. Las contradicciones que pueden surgir propician un mayor espectro para el conocimiento, las ideas de otros sugieren modificaciones al pensamiento propio y llegan a clarificar elaboraciones hechas a medias y a explicar procesos no completamente entendidos.

De otra parte, se considera que el potencial natural del estudiante está mejor incentivado en ausencia de la figura autoritaria y en algún grado intimidatoria del profesor. El ambiente reducido del grupo cooperativo más igualitario y democrático propicia la participación más activa, libre y espontánea, y suprime en un buen grado la aptitud frecuente en el aula de clase donde el alumno reprime su opinión individual por el temor de equivocarse. La presencia de un experto poseedor exclusivo del conocimiento llega a inhibir la discusión en la medida en que los alumnos estén atemorizados por el riesgo de caer en ridículo.

Otro aspecto positivo importante de esta estrategia instruccional es resultado de las características inherentes a la conversación; el diálogo requiere de un pensamiento más rico, elaborado y profundo y, sobretodo, continuamente retroalimentado [1,5,7]). La formulación continua de preguntas y la búsqueda, construcción y análisis de respuestas, a un ritmo que respeta la autonomía personal es una alternativa de gran motivación y eficacia en el proceso de aprendizaje.

## II. METODOLOGÍA

La incorporación de la estrategia de grupos cooperativos al desarrollo de la asignatura culminó con un evento denominado Macroexperimenta, donde los alumnos distribuidos en pequeños grupos explicaron a la comunidad universitaria, específicamente estudiantes y profesores de la Facultad de Química, diversos experimentos para ilustrar los conceptos físicos previamente vistos, utilizando para ello materiales poliméricos.

Macroexperimenta se realizó durante los días miércoles y jueves de la décimo-tercera semana de clases en una de las salas de estudio del edificio B de la Facultad de Química, durante cuatro horas cada día, entre las 12 y las 16 horas.

La preparación de esta presentación pública se inició con la propuesta a los estudiantes, durante las primeras semanas del semestre, para que, después de revisar el programa de la asignatura, seleccionaran un principio físico, motivados exclusivamente por sus intereses específicos y adquirieran el compromiso de estudiarlo, asimilarlo, diseñar su demostración experimental y obtener y montar la infraestructura requerida; debía existir el propósito de explicarlo no sólo a sus compañeros de aula o carrera sino a todos los asistentes a la exhibición, independientemente de su nivel básico de conocimientos. Para la conformación de los grupos de dos o tres alumnos, se permitió que éstos se asociaran de acuerdo con su libre albedrío.

Se sugirieron para la demostración los materiales poliméricos ya que el contenido de la asignatura incluye el estudio de sistemas polidispersos y por la cercanía de estos materiales con todas las personas, dada su presencia en los diferentes ambientes en que se mueven rutinariamente: hogar, escuela, supermercado etc., en razón de sus múltiples aplicaciones. Se observa que la extraordinaria variedad de sus propiedades les permite comportarse como un sólido de gran rigidez, útil como engranaje; o como un material de gran elasticidad, materia prima de las ruedas de los vehículos.

Entre los temas y polímeros seleccionados están: tensión superficial, ángulo de contacto y mojado (siliconas); coeficiente de fricción (tetrafluoruro de etileno); permeabilidad a los gases, específicamente al  $\text{CO}_2$ , (polietileno tereftalato); hinchamiento y efecto Donnan (poliacrilato de sodio); estado vítreo y temperatura de transición vítrea (caucho natural y sintético); resistencia al impacto (Kevlar); polielectrolitos (poliamidas); resistencia a solventes orgánicos (polipropileno) y rozamiento (caucho sintético).

A partir de la quinta semana de clases y hasta la fecha del evento, con la colaboración del Profesor Espinosa, Profesor visitante en la UNAM, se realizó una reunión semanal individual con cada pequeña sociedad, con el propósito de coordinar el desarrollo del proyecto en sus diferentes fases y efectuar un oportuno y eficaz seguimiento. Estas reuniones se programaron luego de la primera hora de clase con una duración entre 10-15 minutos.

Inicialmente se analizó y discutió la pertinencia y viabilidad de las propuestas, se estudiaron diferentes alternativas para llevar a cabo la demostración, posteriormente se seleccionaron los materiales a utilizar, las condiciones termodinámicas, el equipo requerido, las necesidades de energía y refrigeración, y las medidas de seguridad (toxicidad de las sustancias químicas, manejo de altas y bajas temperaturas y en general la presencia de condiciones peligrosas). Igualmente se investigó el nivel de dominio por parte del grupo del principio físico a demostrar; para resolver las deficiencias encontradas se asignaron lecturas

específicas sobre conceptos básicos, algunos correspondientes a asignaturas anteriores, otros propios de la asignatura y algunos nuevos especialmente relacionados con los materiales poliméricos. Dichas lecturas que fueron discutidas en la siguiente reunión incentivando y exigiendo la participación de todos los miembros del grupo.

Superada la etapa inicial, que tomó entre cinco y seis semanas, el seguimiento se centró en la consecución de materiales, reactivos y equipos, el montaje de la práctica, el procedimiento experimental, los resultados y el análisis de los resultados. De acuerdo con el desarrollo de cada trabajo, dos o tres semanas antes de Macroexperimenta, los grupos presentaron un proyecto de cartel sintetizando objetivos, equipo experimental, procedimiento, resultados y conclusiones. se tuvo un cuidado especial en la revisión completa de dichos carteles antes de la presentación.

Para realizar las actividades conexas a la exhibición, los estudiantes fueron subdivididos en tres comisiones, integradas voluntariamente: una encargada de la difusión y propaganda con labores como diseñar, elaborar y entregar las invitaciones a los diferentes miembros de la comunidad universitaria; otra del montaje y servicios con tareas como la consecución y adecuación del espacio físico, la ubicación de los mesones y de las tomas de corriente y la tercera de diseñar, imprimir y montar un logotipo y de la identificación de la sala. Estas actividades son una inmejorable oportunidad para que los estudiantes desarrollen y consoliden aptitudes de liderazgo, realicen labores de planeación, experimenten la dinámica del trabajo en grupos más heterogéneos y se enfrenten a una tarea de responsabilidad colectiva.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Un aspecto muy importante de señalar es que la actividad propuesta se constituyó en un reto para los alumnos, lo que generó una actitud muy positiva de gran motivación, tendiente a maximizar el esfuerzo y compromiso individual. Actitud muy difícil de obtener con las estrategias tradicionales de enseñanza, donde el estudiante llega a ser un receptor de gran pasividad e inactividad llegando inclusive a la desmotivación e indolencia.

Excepto con un grupo, la participación en las reuniones semanales fue en general satisfactoria, los aportes a la discusión, la elaboración de las tareas asignadas, el manejo de los conceptos, permitieron colegir la existencia de una labor previa importante de estudio, análisis y discusión. Algunos grupos por iniciativa propia o por sugerencia directa, complementaron el desarrollo de su trabajo con la asesoría de otros miembros de la Facultad, especialistas en el tema; estos aportes resultaron de gran valor para el éxito logrado.

Fue evidente que la estrategia de los pequeños grupos cooperativos propicio y promovió el desarrollo de la iniciativa e ingenio del estudiante al romper el esquema tradicional: el profesor como sabia autoridad, poseedor incuestionable de la verdad, único agente activo en el proceso de aprendizaje; y el estudiante como receptor inactivo, incapaz de producir aportes importantes en su proceso de formación y por principio errado en sus conceptos.

La mayoría de los montajes presentados demostraron motivación y gran esfuerzo, se resalta la calidad de los materiales utilizados, los equipos, los carteles y en general la infraestructura empleada. Esto acompañado de una adecuada estructura, gran seguridad y propiedad de lenguaje en las explicaciones al público visitante. Algunos de los comentarios consignados por escrito por los asistentes son: "me pareció muy interesante e ilustrativo"; "es bueno tener este tipo de exposiciones que ayudan a comprender mejor las cosas vistas en la teoría"; "me pareció bastante didáctica, sobre todo para aquellas personas que no están en el medio y aquellos alumnos de los primeros semestres" y "se deberían realizar mas seguido este tipo de demostraciones que ayudan a tener un concepto general de lo que se tiene en la actualidad de las innovaciones".

Respecto a las labores de responsabilidad colectiva, se puede afirmar que la experiencia fue positiva, puesto que las tareas fueron desarrolladas satisfactoria y oportunamente, sin embargo, el compromiso y la participación activa de algunos de los estudiantes no fue el esperado, lo que implicó un recargo en el trabajo efectuado por el grupo que sí estuvo comprometido. Esta deficiencia se generó fundamentalmente por la ausencia de buena empatía entre algunos de los miembros del grupo, la segregación presente impidió la participación espontánea y sobretodo un liderazgo eficiente. En algunos alumnos fue evidente el menor grado de compromiso, motivación y predisposición para estas tareas colectivas lo que contrastó con su actitud individual para el trabajo en los pequeños grupos cooperativos.

Se puede colegir de esta experiencia que para el trabajo colectivo en grupos numerosos se requiere de una buena homogeneidad y empatía que posibilite un liderazgo competente; por lo tanto resulta importante introducir estrategias complementarias tendientes a mejorar estos aspectos, desde el inicio del curso. Igualmente es conveniente la intervención más directa del profesor en la planeación y realización de estas tareas colectivas.

### CONCLUSIONES

La estrategia instruccional de grupos cooperativos centrada en el trabajo autónomo del estudiante, con una coordinación y seguimiento continuado y oportuno por parte del profesor,

promueve en el estudiante una actitud positiva de gran actividad y compromiso; tal actitud se origina en parte por una motivación individual asociada con el deseo de responder eficientemente al reto propuesto. Los trabajos presentados, específicamente la infraestructura utilizada para la demostración experimental, fueron de buena y excelente calidad e incluyeron una dosis importante de creatividad e ingenio.

Durante el desarrollo del evento Macroexperimenta, se pudo corroborar el entusiasmo que la ocasión de asumir el rol de maestro ante compañeros y profesores generó en los alumnos. La idoneidad de las explicaciones y la satisfacción observada en ellos permitió colegir el gran nivel de preparación, esfuerzo y compromiso.

No obstante se presentaron deficiencias en el desarrollo del trabajo colectivo donde para llevar a cabo las tareas conexas con el evento se subdividieron los estudiantes en grupos numerosos de 10 o más integrantes. La poca empatía imperante entre algunos impidió un liderazgo importante y la motivación

individual requerida; ésto implicó que la responsabilidad se concentrara en algunos con la marginación y el desinterés de los otros.

#### BIBLIOGRAFIA

1. COHEN, E. G., "Restructuring the classroom: Conditions for Productive Small Groups", *Review of Educational Research*, Vol. 64, No 1, 1994, pp.1-35.
2. COOPER, J., and ROBINSON, P., " Small Group Instruction in Science, Mathematics, Engineering and Technology", *Journal of College Science Teaching*, Vol . 27, No 6, 1998, pp. 383-388.
3. CUSEO, J., "Colaborative and cooperative learning in higher education : A proposed taxonomy", *Cooperative Learning and College Teaching*, Vol.2, 1992, pp.2-5.
4. FELDER, R y BRENT, R., "Cooperative Learning in Technical Courses : Procedures, Pitfalls and Payoffs", *ERIC Document Reproduction service*. No DE 377 038, Octubre ,1994.
5. HOYLES, C." De qué se trata la discusión grupal en matemáticas?". *Revista de la Universidad Pedagógica Nacional*. México Vol. 6, No17, Marzo 1998, pp 59-65.
6. MCNEILL, B. W., and BELLAMY, L. " Engineering Core Workbook for active Learning Assessment and Team training" , *ERIC Document Reproduction Service* No. Ed. 384-315, Noviembre, 1996
7. OBAYA V.A. y PALACIOS A.J., "An Alternative for Scientific Formation", *Science Education International*. Vol.6 No 4,1995,pp.19-20.
8. \_\_\_\_\_ "Chem 0722 in the Chemistry Curriculum," *Science Education International*. Vol.9, No 2,1998, pp. 20-22.
9. Gaceta Facultad de Química UNAM. "Reflexiones en torno al proceso enseñanza- aprendizaje. ¿Debe privilegiarse la educación formativa o la informativa en el área de Química?" Mayo 1998 , VI época. No 28. pp.5-8.