

MEJORA DE LAS TÉCNICAS DE COMUNICACIÓN EN PRÁCTICAS DE INGENIERÍA DE LA REACCIÓN QUÍMICA

José Muñoz García, Antonio Roselló Segado, Francisco Carrillo de la Fuente,
M^a Carmen Alfaro Rodríguez, Genoveva Vélez Álvez, Miguel Angel Fernández Martín
y Cristina Cabeza Fernández
Departamento de Ingeniería Química
Facultad de Química
Universidad de Sevilla

Resumen

En este artículo se describe una actividad de innovación educativa en el área de Ingeniería Química, cuyo objetivo principal ha sido mejorar las técnicas de comunicación utilizadas por los alumnos de prácticas de Ingeniería de la Reacción Química en sus presentaciones escritas, orales y en forma de cartel. Se ha conseguido familiarizar a los alumnos con el uso de diversos programas profesionales para el análisis de resultados, presentaciones gráficas, análisis de texto, composición de carteles, diseño de transparencias y diapositivas para proyecciones por ordenador. La respuesta de los alumnos fue satisfactoria, tanto en las presentaciones de trabajos de laboratorio como de simulación, a pesar de implicar una cierta sobrecarga de trabajo; han aumentado su nivel de autoestima y comprendido el valor añadido que supone una presentación de resultados bien diseñada.

Abstract

This article describes an innovative educational project in the field of Chemical Engineering, whose main goal was to enhance the communication skills used by Chemical Reaction Engineering students in their laboratory (experimental and reactor simulation) reports. These involve writing and oral skills along with poster design. Students became familiar with the use of several professional software packages, which were used for the analysis of results, graph plots, report texts, design of transparencies and slides to be shown by beamers. The response and motivation of the students involved in this project were quite positive, despite being to some extent overworked. In addition, students increased their self-esteem and checked that a well designed presentation yields and added value to their engineering reports.

INTRODUCCIÓN

El contenido de este artículo refleja y analiza los resultados de un proyecto de innovación educativa realizado en el marco de las prácticas de laboratorio y simulación de reactores de la materia Ingeniería de la Reacción Química durante el curso 2000/2001. Esta materia se imparte bajo la denominación oficial de Físico-Química de los Procesos Industriales, estando asignada al Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Sevilla. Se imparte en 4º curso de la especialidad Industrial de la Licenciatura en Química.

El proyecto anteriormente mencionado ha sido la continuación natural del desarrollado el curso anterior en la misma asignatura, en el que se evaluaron las aplicaciones de la simulación de reactores en la enseñanza de prácticas de Ingeniería de la Reacción Química (Muñoz y otros, 2000).

La justificación del proyecto sobre técnicas de comunicación en las prácticas de esta asignatura tiene su origen en la opinión unánime del profesorado sobre la baja calidad de los escritos y, a veces presentaciones, en los informes realizados por los alumnos al finalizar cada práctica. Por otro lado, en cursos anteriores se había constatado una significativa disparidad entre los alumnos respecto a la facilidad de uso de ordenadores. Además, un número importante de ellos tiene dificultades para utilizar un lenguaje científico formal tanto escrito como oral. Otro factor a considerar es la existencia de una cierta falta de autoestima respecto al trabajo realizado y los resultados conseguidos, lo que provoca una baja eficacia a la hora de explicar los logros conseguidos al instructor de la práctica correspondiente. Es evidente que una mejora de estas habilidades

es muy favorable para alcanzar las cotas de preparación profesional que demanda hoy día el sector empresarial químico. El profesional moderno debe saber convencer, y en cierto punto debe saber “vender” su trabajo y sus resultados a sus jefes y sobre todo a sus clientes. La creciente demanda y valoración de titulados universitarios que poseen buenas técnicas de comunicación está fuertemente avalada por la literatura (Prawitt y Bradley, 2000). De hecho una forma más amplia en estos aspectos se considera imprescindible para los futuros profesionales en el área de la Ingeniería Química desde los inicios del siglo XXI (Rugarcía y otros, 2000), encontrándose centros que las irrogan ya claramente entre sus objetivos educativos (Grossmann y otros, 2001), (Wright y otros, 2000).

Considerando estos antecedentes los objetivos del proyecto se han centrado en mejorar las habilidades de comunicación de los alumnos en sus trabajos de prácticas de Ingeniería de la Reacción Química. Se ha pretendido motivar a los alumnos a conseguir mejorar las presentaciones tanto de sus informes escritos, como de sus exposiciones y conferencias, haciendo uso de tecnologías informáticas al uso, hoy en día, y dándole a los alumnos una oportunidad para iniciarse en técnicas de presentación en público. Para conseguir un desarrollo óptimo de estos trabajos se incluyeron como objetivos: fomentar el trabajo en equipo, desarrollar sentimientos de empatía, colaboración, responsabilidad y ética profesional. Además, indirectamente se ha intentado favorecer las capacidades de liderazgo, diálogo, negociación y de dinamización de equipos de trabajo. Todos estos factores son clave, además de la preparación técnica, para el futuro desarrollo profesional de un

tros alumnos (Buonopane, 1997), (Zárate, 2001).

METODOLOGÍA

El número de alumnos matriculados a inicio de curso fue del orden de 100, al igual que en cursos anteriores. El proyecto de innovación se inició con un seminario de seis horas por alumno, dividiendo el curso en tres grupos, sobre los fundamentos y aplicaciones del programa de análisis numérico Polymath 4.1 (Shacham and Cutlip, 1998). Para encontrar ejemplos de la utilidad general de este programa en cursos de Ingeniería de la Reacción Química se recomienda la siguiente bibliografía: (Cutlip y Shacham, 1999), (Fogler, 1999). Casos de aplicaciones a prácticas de la materia se pueden consultar en Muñoz y otros, 2000. El seminario sobre Polymath 4.1 formaba parte de la carga docente prevista para el alumno en la parte práctica de la asignatura y por tanto fue de carácter obligatorio para todos los alumnos matriculados. Este hecho justificaba la importante reducción de la duración del seminario si se compara con las 21 horas que se dedicaban en cursos anteriores. Los alumnos fueron invitados a utilizar el programa tras el seminario de introducción, haciendo uso del aula informática de la Facultad en horario libre para coger la soltura necesaria. Dicho seminario de introducción se impartió entre octubre y noviembre para facilitar su uso a los alumnos desde el principio del curso. De hecho, las primeras aplicaciones consisten en utilizar el programa de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas no lineales para abordar cálculos de composiciones de equilibrio en reacciones múltiples, materia que se aborda en octubre.

El desarrollo principal del proyecto de innovación se desarrolló a lo largo del tiempo disponible para las prácticas de la asignatura, de enero a principios de abril. Los alumnos fueron advertidos de la posibilidad de que alguna de las prácticas que realizarían durante dos semanas, formando generalmente parejas, podrían ser seleccionadas por el profesorado para ser presentadas de forma oral o cartel. En cualquier caso, se dejó claro que la participación de los alumnos era voluntaria, pero que sería valorada en la calificación de la asignatura. Los criterios de selección se basaron en el seguimiento continuo del trabajo realizado por los alumnos en el laboratorio o en el aula informática y en el informe escrito presentado al final de cada práctica. Una vez seleccionados los grupos que iban a presentar los resultados de una práctica, discutieron los aspectos técnicos de su presentación con los profesores encargados de cada práctica; posteriormente los métodos de presentación con el resto del profesorado implicado, becarios de formación de personal docente e investigador implicados en el proyecto y una investigadora contratada. Dependiendo de las características de los alumnos se utilizaron presentaciones orales con transparencias a color (textos y esquemas confeccionados con Word-97 (Microsoft Corporation), o apoyadas por diapositivas diseñadas con Power Point (Microsoft Corporation) y proyectadas con un cañón controlado por ordenador. Los carteles se diseñaron con Corel Draw (Corel Corporation) o Power Point. Se utilizaron también hojas de cálculo y programas para presentaciones gráficas, Origin 6.0 (Microcal Software, Inc.) y Excel-97 (Microsoft Corporation).

Los alumnos que participaron en este proyecto se beneficiaron de la organización

de un curso sobre el programa Origin 6.0, organizado por el Departamento de Ingeniería Química y subvencionado por la Fundación Cámara-Urzaiz. El equipo formado para desarrollar este proyecto propuso tras una discusión conjunta los trabajos que se presentarían de forma oral o cartel, aunque la decisión final se tomó de acuerdo con los interesados. De hecho, en algunos casos trabajos seleccionados para presentación oral pasaron a cartel al no disponer los alumnos de tiempo suficiente para la preparación de la conferencia. Las presentaciones definitivas se hicieron en dos días en sendos actos públicos. Las presentaciones orales se realizaron en el Aula Magna de la Facultad y la exposición de carteles en las dependencias del Departamento de Ingeniería Química. Los días elegidos correspondieron a una zona "valle" de exámenes para alumnos de 2º ciclo, especialidad Industrial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reducción de 21 a 6 horas del cursillo de iniciación a Polymath 4.1 sólo permitió esbozar las reglas de funcionamiento general del programa y centrarse en los subprogramas fundamentales: programa de resolución numérica de sistemas de ecuaciones diferenciales y programa de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas no lineales. Tuvieron que sacrificarse las explicaciones del resto de subprogramas que ofrece el paquete, por ser menos interesantes para las aplicaciones previstas o por ser poco competitivos frente a la oferta de otros programas. El aspecto positivo de esta reducción fue disminuir la sobrecarga de actividades docentes de los alumnos, uno de los puntos débiles de este tipo de innovaciones pedagógicas.

A continuación se listan los títulos de algunas de las presentaciones orales realizadas y que, en todos los casos, correspondieron a prácticas de simulación.

1. Incorporación de costes a las ecuaciones de diseño de reactores ideales en funcionamiento isoterma.
2. Estudio de la producción de estireno a partir de etilbenceno.
3. Simulación de la explosión de un reactor discontinuo.
4. Desactivación de catalizadores. Simulación del funcionamiento de un reactor de flujo circulante.
5. Reactores de flujo en pistón no isotermos, no adiabáticos: hidrólisis del ácido acético.
6. Multiplicidad de estados estacionarios, estabilidad y control de un reactor de mezcla completa continuo.

Una lista equivalente de las presentaciones realizadas en forma de cartel incluye tanto trabajos de laboratorio como de simulación por ordenador.

1. Influencia de las pérdidas de carga en el diseño de reactores tubulares de lecho fijo en procesos isotermos a densidad variable.
2. Influencia de las pérdidas de carga en reactores esféricos.
3. Estudio de la cinética de la hidrólisis del cloruro de fenildiazonio mediante un titrómetro.
4. Estudio de la cinética de la saponificación del acetato de etilo.
5. Comparación del rendimiento de reactores químicos en el que se dan reacciones en serie paralelo.

6. Reacciones limitadas por el equilibrio. Aplicación a la producción de anhídrido sulfúrico a partir de sulfuroso.
7. Diseño de reactores tubulares “direct fired”. Pirólisis de propano.

El análisis de los resultados obtenidos desde el punto de vista del profesorado señala algunos puntos en que se debe mejorar y otros en los que se han alcanzado los objetivos previstos.

Entre los puntos débiles se pueden citar:

- a) En los estudios de simulación los alumnos tuvieron que recurrir a frecuentes tutorías por problemas de “atasco” en algunos desarrollos o en estudios de sensibilidad paramétrica, donde la selección de las variables a estudiar, la de los intervalos de variación lógicos y la interrelación entre variables fueron los aspectos que necesitaron más control por parte del profesorado. No obstante, estos problemas fueron menos numerosos y estuvieron más justificados que en experiencias similares realizadas en cursos anteriores.
- b) En la fase inicial de diseño se sigue advirtiendo que los alumnos requerirían y valorarían una mayor relación número de profesores/número de alumnos.
- c) En algún caso muy localizado se observó que la dedicación de tiempo e interés para conseguir una presentación de resultados atractiva y bien diseñada no fue pareja con la atención prestada al desarrollo técnico del trabajo práctico realizado.
- d) Un caso de estudio llegó a ser demasiado complejo matemáticamente para el paquete informático usado. El programa no logró converger en soluciones

aceptables al propagarse los errores de estimación por encima de los límites admisibles, según los informes presentados por las dos parejas de alumnos que sucesivamente intentaron abordar dicho caso. Esto causó sentimientos de frustración en los alumnos implicados.

- e) Se detectó una cierta decepción entre algunos de los alumnos autores de trabajos prácticos no seleccionados. Lamentablemente, en algunos casos la no selección de trabajos se debió a la sobrecarga de trabajo de los profesores de prácticas.
- f) El horario de uso libre del aula informática de la Facultad de Química en la fase de preparar las presentaciones audiovisuales fue muy escaso, debido a la saturación de su uso por actividades docentes regladas. Es evidente la necesidad de la duplicación, al menos de su capacidad.

Afortunadamente se encontraron también numerosos puntos fuertes de este proyecto de innovación educativa:

- a) El grado de motivación de los alumnos implicados en este proyecto fue muy satisfactorio, entre los que se incluían alumnos repetidores.
- b) Se ofrecieron presentaciones de muy diversas características, algunas hicieron mucho énfasis en revisiones bibliográficas, mientras que otras se basaron fundamentalmente en estrategias de cálculo. Los medios audiovisuales utilizados abarcaron todas las modalidades previstas en los objetivos.
- c) La totalidad de las presentaciones orales reflejaron una buena preparación de los alumnos, asistidos por los instructores para presentaciones. Los alumnos presentaron sus trabajos con una nota-

ble naturalidad, y un excelente control de nervios ante el hecho de tener que exponer en público.

- d) La audiencia de alumnos no seleccionados fue notable, indicando una buena relación del grupo humano que formó el curso e interés por el proyecto.
- e) Los alumnos demostraron poseer buenas destrezas en el uso de programas informáticos, sobre todo en los relacionados con las presentaciones de trabajos. En cualquier caso, manifestaron una gran facilidad para aprender rápidamente el manejo de los programas utilizados. Se apreció una mejora respecto a cursos anteriores.
- f) El trabajo en grupo funcionó bien, siendo apreciable la cooperación entre los diversos grupos.
- g) Los valores éticos demostrados fueron también positivos, presentando los alumnos sus problemas, dudas y autocrítica de resultados parciales abiertamente al profesorado.
- h) Las relaciones entre instructores y alumnos fueron fluidas y cordiales.
- i) El trabajo de todos los alumnos implicados fue valorado positivamente en la calificación final de la asignatura.

CONCLUSIONES

Se ha conseguido inculcar a los alumnos de la asignatura de Físico-Química de los Procesos Industriales, impartida en 4º curso de la Licenciatura en Química, especialidad Industrial, la idea de que el uso de las nuevas tecnologías de presentación de resultados, el cuidado en la organización de sus presentaciones y una buena preparación de sus exposiciones orales redundan en un

claro valor añadido para su trabajo en el laboratorio y de simulación de reacciones químicas.

Los alumnos han demostrado una buena predisposición frente al plan de trabajo establecido, aún suponiendo una cierta sobrecarga de trabajo en la asignatura. Asimismo, han mostrado poseer buenas destrezas respecto al uso de programas informáticos, tanto en presentaciones orales y de estrategia de diseño de carteles.

El desarrollo de este tipo de habilidades en estrategias de comunicación completa la formación académica de los alumnos de esta asignatura, junto con las estancias que realizan en empresas del sector químico y mejorando las perspectivas de su desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Sevilla por la financiación de este trabajo mediante la concesión de una ayuda en el marco del Programa de Calidad de la Enseñanza: convocatoria de ayudas a la docencia universitaria para la innovación en el curso 2000/2001. También a la Fundación Cámara-Urzaiz por incorporar este proyecto de innovación educativa al programa de actividades finalizadas en la Facultad de Química y a la empresa Anorsur, S.L. por su patrocinio.

Asimismo, los autores agradecen la colaboración de doña Pilar Trujillo Aguilera, Técnico Auxiliar del Aula Informática de la Facultad de Química de la Universidad de Sevilla por su constante apoyo al profesorado y alumnos implicados en este proyecto de innovación educativa.

REFERENCIAS

- BUONOPANE, R.A. (1997): Engineering Education for the 21st Century. Listen to Industry! *Chem. Eng. Ed.*, 31, 3, 166-171.
- CUTLIP, M.B., y SHACHAM, M. (1999): *Problem Solving in Chemical Engineering with Numerical Methods*. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- FOGLER, H.S. (1999): *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- GROSSMANN, I.E.; JHON, M.S., y TILTON, R.D. (2001): Plan de Educación de Ingeniería Química en la Universidad de Carnegie Mellon, en ORTIZ, I. y otros (eds.): *XIX Jornadas de Ingeniería Química. Los indicadores de calidad en Ingeniería Química*. Santander, Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica.
- MUÑOZ, J.; ALFARO, M.C., y CABEZA, C. (2000): Aplicaciones de la simulación de reactores en la enseñanza de Ingeniería de la Reacción Química. *Revista de Enseñanza Universitaria*, n° extraordinario, 127-140.
- PRAUSNITZ, M.R. y BRADLEY, M.J. (2000): Effective Communication for Professional Engineering. *Chem. Eng. Ed.*, 34, 3, 234-237.
- RUGARCIA, A.; FELDER, R.M.; WOODS, D.R. y STICE, J.E. (2000): The future of engineering education. Part 1. A vision for the new century. *Chem. Eng. Ed.*, 34, 1, 16-25.
- SHACHAM, M., y CUTLIP, M.B. (1998): *Polymath 4.1 Users' Manual*. Austin, CACHE Corporation.
- WOODS, D.R.; FELDER, R.M.; RUGARCIA, A., y STICE, J.E. (2000): The future of engineering education. Part 3. Developing critical skills. *Chem. Eng. Ed.*, 34, 2, 108-117.
- ZÁRATE, J.L. (2001): El perfil del Ingeniero en la Industria Química, en ORTIZ, I. y otros (eds.): *XIX Jornadas de Ingeniería Química. Los indicadores de calidad en Ingeniería Química*. Santander, Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica.