

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ADQUISICIÓN Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN ASIGNATURAS EXPERIMENTALES

Manuel Macías García
Universidad de Cádiz
manuel.macias@uca.es

María del Mar Mesa Díaz
Universidad de Cádiz
mariadelmar.mesa@uca.es

Resumen

En este trabajo se presenta una estrategia metodológica basada en aprendizaje cooperativo para asignaturas prácticas de titulaciones de carácter técnico o científico. La técnica utilizada se basa en la conocida como “grupos de investigación”, en la que se asigna a cada grupo de alumnos un trabajo de investigación asumiendo el rol de “director/coordinador”; la parte experimental será asumida por el resto de grupos que tendrán el rol de “ejecutor/operario”. Se ha ensayado en la asignatura Experimentación en Ingeniería Química del título de Ingeniero Químico y los resultados obtenidos muestran que, los alumnos valoran muy positivamente la adquisición de competencias tales como “trabajo en equipo”, “toma de decisiones” y “razonamiento crítico”, así como las distintas actividades empleadas para su consecución.

Texto de la comunicación

El proceso de enseñanza aprendizaje universitario debe contemplar en su planificación además de los aspectos en la formación técnica, científica y humanista la formación en liderazgo (afrontar retos de dirigir grupos humanos), formación en trabajo en equipo (abordar tareas de coordinación y cooperación en equipos multidisciplinares) y formación dirigida al fomento de la creatividad y el emprendimiento (facilitar la dinamización de las ideas y la mejora de la actividad profesional). El desarrollo de los planes de estudios basados en “competencias” incide directamente sobre estos nuevos objetivos formativos. Este trabajo presenta una estrategia metodológica, basada en el aprendizaje cooperativo, que facilita el desarrollo de esos otros aspectos formativos manteniendo los mismos recursos materiales disponibles en las aulas, laboratorios y talleres. El laboratorio/taller tiene, en sí mismo, un discurso propio basado en la experimentación como método de aprendizaje. Para trabajar las competencias específicas citadas solamente es necesario modificar la metodología fomentando estas competencias y permitiendo la evaluación por el profesorado y los alumnos. Ello implica la introducción de metodologías, actividades y criterios de evaluación vinculados a la observación, experimentación y modelado de fenómenos reales reproducidos en el laboratorio.

Las técnicas de aprendizaje cooperativo descritas en la bibliografía son variadas y expuestas en múltiples trabajos (Jonhson, 1999; Haller, 2000; Marti y García, 2004; Cooper y Kerns, 2006; Monzon y Traver, 2007; Pinto, 2010; Donald et ál., 2011; Sandi-Urena, Cooper y Stevens, 2012). Las más utilizadas en asignaturas de carácter práctico o experimental, aunque con múltiples variantes, son las denominadas “rompecabezas” y “grupos de investigación”, siendo esta última la más completa y adecuada para el nivel de formación universitaria y la que sirve de base para éste trabajo.

El trabajo se ha desarrollado pensando en la materia “EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA” y se desarrolla en dos asignaturas: EIQ-I (6º semestre) y EIQ-II (7º semestre)

perteneciente al título Grado en Ingeniería Química de la UCA. Además de las competencias específicas propias de la materia, se le han asignado las siguientes competencias relativas a asignaturas eminentemente experimentales (Golobardes, Prades y Rodríguez, 2009).

- Capacidad para:
 - C1: la organización y planificación
 - C2: la gestión de datos y la generación de información/conocimiento
 - C3: la resolución de problemas
 - C4: adaptarse a nuevas situaciones y tomar decisiones
 - C5: trabajar en equipo
 - C6: el razonamiento crítico
 - C7: comunicarse con fluidez de manera oral y escrita.
 - C8: el aprendizaje autónomo
- Sensibilidad hacia temas:
 - G1: medioambientales
 - G2: de seguridad

La metodología se ensayó completamente en la asignatura equivalente del título de Ingeniero Químico de la UCA, desarrollada en planta piloto con equipos experimentales como: destilación, filtración, intercambiadores de calor, etc.

Cada unidad o equipo experimental es asignado a un grupo de alumnos con el rol Director. Este grupo planifica el trabajo experimental y supervisa toda la actividad experimental realizada con el equipo por el resto de los grupos, que rotan por los distintos equipos adoptando el rol Ejecutor. Todos los grupos, de una manera simultánea, asumen los roles de Directores-Ejecutores. A continuación se describe el procedimiento seguido:

- Formación de grupos de 3 o 4 alumnos, asignación de una práctica con el rol de "*Grupo Director del equipo*".
- Fijar el objetivo global al grupo. Con carácter general: estudio de la operación, caracterización de los equipos y determinación de las mejores condiciones de operación y funcionamiento para realizar un proceso industrial concreto.
- Semana de trabajo *Grupo Director*. Actividades:
 - Buscar información y estudio teórico (*Trabajo pre-laboratorio*)
 - Identificar variables y funcionamiento del equipo (*Trabajo pre-laboratorio*)
 - puesta en marcha del equipo y familiarización con el instrumental y controles (*Trabajo laboratorio*)
 - Trabajo de diseño y planificación de experimentos (*Trabajo laboratorio*)
 - entrega del plan de trabajo al profesor y a los grupos ejecutores (*Trabajo post-laboratorio*)
- Semanas de trabajo de los grupos *Grupo Ejecutor* (*Trabajo laboratorio*). Los grupos rotan por las prácticas ejecutando el plan de trabajo realizado por el *Grupo Director*, dirigido por el mismo y asumiendo el rol de trabajadores de planta. El grupo *Director* no puede realizar ningún trabajo directo con el equipo aunque, un miembro, debe estar atento al trabajo del *grupo Ejecutor*, analizando sus resultados, vigilando que las operaciones se realicen correctamente y supervisando los datos obtenidos. Si el *grupo Ejecutor* detecta errores o mejores estrategias de trabajo tiene la posibilidad de comunicarlas, al *grupo Director*, para su corrección o inclusión en el plan de trabajo. El profesor actúa como asesor externo a

petición del *grupo Director* y nunca del *grupo Ejecutor*. Cada *grupo Director* emite una valoración del trabajo realizado por el *grupo Ejecutor* y recibe la valoración de éste a su trabajo de dirección (*Rubrica 1 y 2*).

- Presentación de trabajos semanales del *grupo Ejecutor (Trabajo post-laboratorio)*. Todas las semanas el *grupo Ejecutor* presenta a su *grupo Director* y al profesor el trabajo realizado, los resultados obtenidos, y un análisis crítico de los datos y su adecuación a las predicciones teóricas. El trabajo es valorado por el *grupo Director* y profesor (*Rúbrica 3*).
- Presentación de trabajo final por el *grupo Director (Trabajo Post-Laboratorio)*. Al final de la experimentación, el *grupo Director* presenta, a profesores y alumnos, los resultados obtenidos en las semanas de prácticas y las conclusiones a las que hubiera llegado. Se debate con el grupo y se verifica el nivel de conocimientos de la experimentación realizada por todos los componentes del grupo.

El trabajo final es valorado únicamente por el profesor (*Rúbrica 4*).

Rubrica 1. Evaluación al *grupo Ejecutor*

	Valoración
Entiende el funcionamiento del equipo, las condiciones experimentales y los parámetros a medir y controlar.	
Realiza los experimentos y las medidas según especificaciones recibidas.	
Informa de las incidencias producidas durante la experimentación. Demuestra espíritu crítico.	
Presenta los resultados en el tiempo y forma establecidos	
GLOBAL	

Rúbrica 2. Evaluación al *grupo Director*

	Valoración
Conoce el equipo y las variables de operación. Explica claramente el funcionamiento y los objetivos.	
Comunica y coordina los experimentos al grupo ejecutor	
Planifica la ejecución de los experimentos. Gestiona y revisa los datos obtenidos.	
Toma decisiones durante la experimentación según los resultados, errores de planificación, retrasos en las tareas programadas, etc.	
GLOBAL	

Rúbrica 3. Evaluación al *grupo Ejecutor* reuniones técnicas (grupo director y profesor)

A evaluar la calidad de:	Peso	Niveles de desempeño										Valoración
		<i>Valorar cada apartado</i>										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

experimentos realizados	25%	Técnica de operación no aplicadas adecuadamente en la ejecución del experimento	Adecuada ejecución del experimento y aplicación correcta de las técnicas pero no cumple la planificación	Adecuada ejecución del experimento y aplicación las técnicas y operaciones correctas.	
registro y expresión de los resultados del experimento	25%	No se han adquirido correctamente los datos Utilización incorrecta de las herramientas de medida básicas	Adquisición, registro y expresión correcta de datos y resultados. No se utiliza correctamente las herramientas de medida básicas	Adquisición, registro y expresión correcta de datos y resultados, Utilización correcta de las herramientas de medida básicas	
interpretación de los resultados obtenidos	25%	Incorrecciones en el tratamiento e interpretación de datos y el análisis de resultados	Correcto tratamiento e interpretación de datos. Análisis de resultados incorrecto	Correcto tratamiento e interpretación de datos. Uso de gráficos. Análisis de fiabilidad de los resultados	
presentación de los resultados	25%	No se han argumentado los resultados ni extraído conclusiones	Argumentación de los resultados correcta. Conclusiones extraídas no son adecuadas	Argumentación de los resultados y defensa adecuada de las conclusiones	
Global	100%				

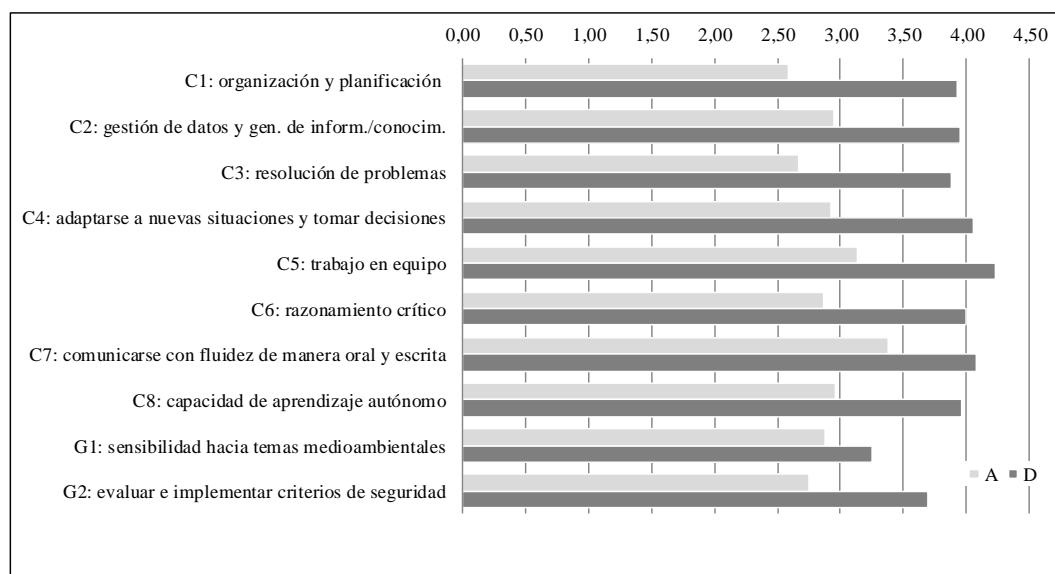
Rúbrica 4: Evaluación final al equipo director (presentación oral y memoria escrita)

A evaluar la calidad de	Peso	Niveles de desempeño										Valoración
		<i>Valorar cada apartado</i>										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
técnica de la presentación	10%	Diapositivas con errores de formato (texto excesivo, ilegible, mala alineación, etc).			Diapositivas con un formato correcto e incluye elementos dinámicos			Diapositivas sencillas, concisas, completas, con un buen formato. Uso equilibrado de elementos dinámicos				
información aportada en la presentación	30%	Introducción irrelevante. Sin cálculo de errores y mal empleo de cifras significativas. Cálculos erróneos. Discusión insuficiente. Mal diseño y planificación de experimentos.			Cálculos correctamente realizados. Resultados no comentados. Aceptable planificación de experimentos.			Dominio de la práctica. Aporta opiniones y soluciones a los problemas encontrados. Buen diseño y planificación de experimentos				
defensa del proyecto	40%	No se preparado. No se comprende el tema. Respuestas inadecuadas a preguntas.			Preparado aunque con carencias. Conocimientos del tema con lagunas. Respuestas satisfactorias a algunas preguntas.			Bien preparado. Nivel de conocimientos sobre el tema alto. Capaz de responder a preguntas de forma razonada y satisfactoria.				
formato de la memoria	10%	Descuidada sin formato homogéneo. Mala estructura de la información Dificil localizar los aspectos importantes.			Presentación pulcra. Estructura de la información aceptable. Resaltan algunos aspectos importantes.			Presentación cuidada y atractiva. Documento muy bien estructurado. Resultados y conclusiones importantes resaltadas.				
contenido de la memoria	10%	Desequilibrio importante entre partes del documento. Introducción teórica			Equilibrio aceptable entre las partes del documento. Teoría ajustada. Algunas			Documento equilibrado. Teoría concreta, concisa y acertada. Buena comprensión del				

		irrelevante. Escasez de aportaciones razonadas para justificar resultados. Ausencia de conclusiones.	aportaciones que denotan una buena comprensión de los resultados. Conclusiones, aunque no todas correctas.	proceso. Aportaciones para justificar resultados. Conclusiones correctas y ajustadas a los experimentos.	
Global	100%				

Para analizar el grado de aprendizaje se diseñó una encuesta que se pasó a los alumnos, con carácter anónimo, terminada la asignatura (tamaño muestral 50 alumnos y 100% tasa de respuesta). En ella los alumnos valoran el nivel que estiman tenían al comienzo (**A**) y al final (**D**) de la asignatura para cada resultado de aprendizaje (Grafico 1). Los alumnos no valoran, al comienzo del curso, ningún resultado con un nivel superior o igual a 4 y solamente el 42% se valora por encima de 3 (se auto-suspenden en una mayoría. Después de cursar la asignatura, la encuesta revela un nivel de aprendizaje significativo ya que todos los resultados son valorados por encima de 3,6 (todos aprobados) y un 58% reciben un valor de 4 o superior.

Grafico 1. Resultados globales obtenidos en el grado de adquisición de las competencias. (A-nivel previo, D-nivel final)



En relación a las actividades diseñadas para la adquisición de las competencias, se ha realizado otra encuesta a los alumnos cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla, siendo los valores 5 para una contribución excelente y 1 la actividad no contribuye nada o muy poco. Los valores aportados son la media de todos los alumnos encuestados.

LOGRO COMPETENCIA con las ACTIVIDADES									
ACTIVIDAD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	G1	G2
Buscar información y estudio teórico	4,0	3,8	3,8	4,2	3,8	3,6	3,8	3,2	3,7
Identificar variables y funcionamiento del equipo	4,0	3,8	4,0	4,1	4,1	3,5	2,8	3,2	3,6
Trabajo de diseño y planificación de experimentos	3,8	3,7	4,1	4,4	4,4	4,0	4,2	3,4	3,8
Ejecutar experimentos	3,9	3,4	4,4	4,5	3,9	3,8	3,8	3,3	4,0
Dirigir grupo ejecutor	3,7	4,0	3,7	3,4	3,9	4,0	3,9	3,0	3,6
Análisis y valoración de los datos experimentales	4,5	4,0	4,1	3,8	3,9	3,7	3,4	3,2	3,5
Elaboración de informes	3,9	3,4	3,1	3,8	3,6	3,4	4,1	3,2	3,4

Presentaciones orales	3,9	3,6	4,0	4,1	4,1	3,7	4,0	3,3	3,7
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Lógicamente unas actividades promueven más unas competencias que otras. Se destacan las actividades que prueben una competencia con valores iguales o superiores a 4,0.

Conclusiones

Se podría concluir que el nivel de aprendizaje valorado por los alumnos es muy significativo y aporta un indicio muy claro de que la metodología tiene valor y debería seguir desarrollándose. Igualmente se pone de manifiesto que las encuestas son muy útiles para obtener una visión de la idoneidad de las actividades realizadas y el nivel de aprendizaje alcanzado. Destacar que los alumnos se consideran con mejor nivel en las competencias: “comunicarse con fluidez de manera oral y escrita” y “trabajo en equipo” lo que se justifica ya que son alumnos de 4º curso, y han realizado, en diferentes asignaturas, actividades que fomentan la adquisición de estas destrezas. Se consideran peor preparados en “organización y planificación”; esto evidencia el que el trabajo se les da perfectamente estructurado e incluso con guiones donde los alumnos solo se limitan a seguir una “receta” en la mayoría de las asignaturas, incluidas las de prácticas. Es esta competencia donde se produce el mayor incremento en el valor que se dan al final la asignatura, esto corrobora que la metodología seguida favorece el desarrollo de esta competencia tan importante para los nuevos profesionales. Los incrementos auto-valorados en el nivel competencial son superiores a 1 en una amplia mayoría de las competencias, sin embargo son bastante bajos en las competencias G1 y G2, evidencia de que la metodología no promueve el desarrollo de competencias como la sensibilidad hacia temas medio ambientales o la seguridad propiamente dicha; por lo que resulta lógico que sean las peor valoradas; como opción y dada su importancia en asignaturas experimentales, se podría introducir un rol más dentro de los grupos de trabajo como el de “jefe de seguridad” y “responsable medio-ambiental”, papeles existentes en la industria.

Bibliografía

Donald D., Joye, D., Hoffman, A., Christie, J., Brown, M. y Niemczyk, J. (2011). Project-based learning in education through an undergraduate lab exercise. *Journal on Chemical Engineering Education*, 45, 53-68.

Golobardes, E, Prades, A. y Rodríguez, S. (2009). *Guía para la evaluación de competencias en los trabajos fin de estudios en las ingenierías*. En Guies d'avaluació de competències. AQU Catalunya.

Haller, C. (2000). Dynamics of peer education in cooperative learning workgroups. *Journal of Engineering Education*, 89, 285-293.

Johnson, P.A. (1999) Problem-based, cooperative learning in the engineering classroom. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125, 8-11.

Martí, T. y García, R. (2004). La enseñanza-aprendizaje de la actitud de solidaridad en el aula: una propuesta de trabajo centrada en la aplicación de la técnica puzzle de Aronson. *Revista Española de Pedagogía*, 229, 419-438.

Melanie M. Cooper, M. y Kerns, T. (2006). Changing the laboratory: effects of a laboratory course on students' attitudes and perceptions. *Journal of Chemical Education*, 83, 1356-1361.

Monzó, M. y Traver, J (2007). Aprendizaje cooperativo en ingeniería química. Una experiencia docente. Ver <http://giac.upc.es/JAC10/07/61.pdf>

Pinto, G. (2010). The bologna process and its impact on university-level chemical education in Europe. *Journal of Chemical Education*, 87, 1176-1182.

Sandi-Urena, S., Cooper, M. y Stevens, R. (2012). Effect of cooperative problem-based lab instruction on metacognition and problem-solving skills. *Journal of Chemical Education*, 89, 700-706.

Cuestiones y/o consideraciones para el debate

- Aprendizaje de competencias ¿Es posible con una sola metodología?
- ¿Cómo fomentar la capacidad de liderazgo y las competencias relacionadas con la resolución de problemas?
- ¿Se puede aprender ciencia e ingeniería sin trabajar y equivocarse en el laboratorio o taller?
- El papel del profesor en una metodología colaborativa ¿Es un líder o una fuente alternativa de información?.