

Título: OPTIMIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO (TACS) IMPLEMENTADAS EN LA ASIGNATURA EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA DEL TÍTULO DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA.

María del Mar Mesa Díaz, Manuel Macías García

*Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

manuel.macias@uca.es

RESUMEN: El proyecto presentado es la continuación de la investigación iniciada sobre aprendizaje cooperativo en los laboratorios de las asignaturas experimentales del título de Ingeniero Químico. 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”. Tras varios años de ensayo y teniendo en cuenta la buena acogida por parte de los alumnos se hace necesario la revisión de aspectos tan importantes como la responsabilidad individual y la evaluación de los contenidos de la asignatura relacionados con la materia.

PALABRAS CLAVE: docencia, evaluación, aprendizaje colaborativo, prácticas de laboratorio, prácticas de taller...

INTRODUCCIÓN

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 (Johnson, 1999; Haller, 2000; Marti y García, 2004; Cooper y Kerns, 2006; Monzon y Traver, 2007; Pinto, 2010; Donald et al., 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 proyecto presentado es una continuación de la aplicación de técnicas de aprendizaje cooperativo en las asignaturas experimentales del título de Grado de Ingeniería

Química, con el objetivo fundamental de desarrollar importantes facetas de la futura actividad profesional de los Ingenieros. Esta metodología lleva implementándose con bastante éxito desde el año 2008 y apoyada con diferentes proyectos de innovación por la UCA (IE74, PIE01, P12_12_018, PI_14_046).

ESQUEMA METODOLÓGICO

El trabajo se desarrolla pensando en las materias “EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA” y se han puesto en marcha durante los últimos años en dos asignaturas experimentales: EIQ-II del título de Ingeniero Químico y EIQ-I perteneciente al título Grado en Ingeniería Química de la UCA.

La actividad docente se realiza en su totalidad en planta piloto con equipos experimentales como son: columnas de rectificación en continuo y discontinuo, evaporador, equipo de filtración, extracción gas-líquido, líquido-líquido y sólido-líquido; además de equipos complementarios como calderas, intercambiadores de calor, bombas, sistemas de control, etc.

Cada unidad o equipo experimental es asignado a un grupo de alumnos con el rol de Director. Al grupo se le asigna el objetivo de investigar el funcionamiento del conjunto del equipo y determinar las condiciones para obtener un determinado rendimiento en unas condiciones que requieran el mínimo tiempo de operación y el mínimo coste económico. Este objetivo se asocia al trabajo que realizarán como ingenieros cuando se enfrenten a una planta de operación por primera vez.

El grupo dispone de toda la información sobre el equipo incluyendo acceso a información de otros equipos de trabajo previos. Igualmente dispone de los datos que pueda obtener tanto en biblioteca como en internet.

Después de un trabajo de búsqueda de información y estudio teórico el grupo planifica el trabajo experimental (plan de trabajo) que se deberá realizar con el equipo para alcanzar los objetivos. El trabajo experimental lo realizan los otros grupos de clase bajo el rol de Equipo Ejecutor bajo la supervisión del grupo Director de toda la actividad

experimental. Los distintos en los que se dividen los alumnos rotan por los distintos equipos adoptando el rol Ejecutor durante las cuatro o cinco semanas que dura la actividad docente. Todos los grupos, de una manera simultánea, asumen los roles de Directores-Ejecutores.

Al final del periodo académico se realiza un examen práctico en el que los profesores les damos un problema para resolver experimentalmente.

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.
- Semana de trabajo Grupo Director.
- Semanas de trabajo de los grupos grupos ejecutores
- Examen final práctico y presentación de trabajo final por el grupo Director.

COMPETENCIAS TRABAJADAS

Básicamente se han trabajado las competencias reflejadas en la memoria del título de Grado en Ingeniería Química. Estas competencias coinciden prácticamente con las competencias relativas a asignaturas eminentemente experimentales (Golobardes, Prades y Rodríguez, 2009).

El trabajo realizado hasta el momento puede resumirse en los siguientes puntos:

- Selección, identificación y evaluación de la idoneidad de las competencias, tanto específicas como transversales, relativas a las materias experimentales del título y su desglose en resultados del aprendizaje.
- Implementación de una técnica de "grupo de investigación" asignando a los alumnos los roles de grupo "Director" y "Ejecutor", y alternando sus funciones.
- Se han elaborado los materiales de trabajo de los alumnos, incluidos lo que tradicionalmente viene llamándose "guiones de prácticas" pero adaptados a la nueva metodología.
- Se han sentado las bases de la calificación del trabajo de los alumnos incluyendo la co-evaluación como parte fundamental y elaborando las herramientas de evaluación (rúbricas, etc).
- Se han diseñado actividades de tutorización basadas en reuniones técnicas grupales.
- Finalmente se han analizado y evaluado los resultados obtenidos mediante el desarrollo y aplicación de encuestas a los alumnos.

EVALUACIÓN POR LOS ALUMNOS

La evaluación se realizó al final del curso 2012/2013. Para ello se realizó una encuesta a los alumnos una vez finalizada la actividad docente sobre el grado de mejora en las competencias asociadas a la asignatura en la memoria del título. La encuesta consta de dos partes, una primera sobre el nivel de mejora de las competencias y una segunda sobre la adecuación de las actividades docentes realizadas para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

Los resultados son muy sorprendentes y ponen de manifiesto que los alumnos reconocen un alto grado de mejora en las competencias asociadas a la disciplina.

Como resumen se puede exponer el porcentaje de mejora media que es estimado por los alumnos en las competencias asociadas a la asignatura en la memoria del título:

Porcentaje de aprendizaje de la competencia	Medio
---	-------

valorado por los alumnos	
T2 Organización y planificación	38%
T3 Comunicarse con fluidez de manera oral y escrita	25%
T5 Gestión de datos y de información /conocimiento	36%
T6 Resolución de problemas	29%
T7 Adaptarse a nuevas situaciones y tomar decisiones	30%
T8 Trabajo en equipo	26%
T9 Razonamiento crítico	33%
T10 Capacidad de aprendizaje autónomo	31%
T11 Sensibilidad hacia temas medioambientales	13%
D7 Evaluar e implementar criterios de seguridad	26%

En relación a las actividades diseñadas para la adquisición de las competencias, se ha realizó 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.

Actividades valoradas:

- A - Buscar información y estudio teórico
- B - Identificar variables y funcionamiento equipo
- C - Trabajo de diseño y planificación de experimentos
- D - Ejecutar experimentos
- E - Dirigir grupo ejecutor
- F - Análisis y valoración de los datos experimentales
- G - Elaboración de informes
- H - Presentaciones orales

LOGRO COMPETENCIA con las ACTIVIDADES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	G1	G2
A	4,0	3,8	3,8	4,2	3,8	3,6	3,8	3,2	3,7
B	4,0	3,8	4,0	4,1	4,1	3,5	2,8	3,2	3,6
C	3,8	3,7	4,1	4,4	4,4	4,0	4,2	3,4	3,8
D	3,9	3,4	4,4	4,5	3,9	3,8	3,8	3,3	4,0
E	3,7	4,0	3,7	3,4	3,9	4,0	3,9	3,0	3,6
F	4,5	4,0	4,1	3,8	3,9	3,7	3,4	3,2	3,5
G	3,9	3,4	3,1	3,8	3,6	3,4	4,1	3,2	3,4
H	3,9	3,6	4,0	4,1	4,1	3,7	4,0	3,3	3,7

Puntos fuertes

- La organización de la actividad docente en base a grupos con el rol de directores de proyecto y rol de trabajadores o técnicos de planta es bien aceptada por los alumnos.
- La propuesta metodológica consigue buenos resultados en la mejora de las competencias principales asociadas a la asignatura en la memoria del título.
- La dinámica de trabajo en el aula es muy positiva y facilita que los alumnos aprendan técnicas para organizarse y planificar su actividad. Esta es la competencia que mejor valoran los alumnos en su aprendizaje.
- El sistema de evaluación es bastante coherente siendo aceptado muy bien por los alumnos. Las rúbricas desarrolladas son muy completas y sencillas de aplicar.

Áreas de mejora

Las áreas detectadas se incluyeron en el proyecto para el curso 2013/2014.

PROYECTO CURSO 2013/2014.

Los objetivos y las actividades realizadas:

Objetivo nº 1:

Identificar responsabilidades concretas para cada alumno dentro del grupo director para que se evite el enmascaramiento de la actividad personal dentro de la del grupo

Con el fin de obtener información sobre la actividad personal y distribuir responsabilidades personales se nombraron un facilitador en cada grupo Director con la misión de obtener los mejores resultados experimentales, dentro del plan de trabajo semanal definido para el equipo ejecutor, respetando las normas de seguridad y medio ambientales en la práctica.

Para la evaluación del trabajo personal del facilitador se incluyó en la rúbrica de evaluación de equipo Ejecutor un ítem en el que se solicitaba la "Calificación al Director semanal".

Igualmente, se han ido nombrando "portavoces" de cada equipo ejecutor para las reuniones técnicas semanales. Su misión ha sido exponer el trabajo semanal, los datos obtenidos y justificar las conclusiones alcanzadas. El portavoz habla en nombre del grupo pero tiene que defender el trabajo de todos. En la rúbrica se ha introducido la "Calificación del portavoz".

Se han realizado trabajos con el objetivo de implementar para el próximo curso el responsable de seguridad y el responsable de medio ambiente en el laboratorio.

Objetivo nº 2:

Identificar tareas o actividades que pudieran ser adaptadas como objetivos de carácter técnico en cada una de las unidades experimentales disponibles en la planta piloto, a conseguir por el equipo director responsable de la unidad durante el desarrollo de la asignatura.

Antes del comienzo de la asignatura fueron reestructurados todos los guiones de prácticas en la dirección de facilitar la organización de la actividad de los alumnos y de concretar los objetivos específicos que debían alcanzarse.

Se ha evitado dar indicaciones específicas o muy concretas sobre lo que debería obtenerse o cómo deberían realizarse los cálculos con los datos obtenidos para no bloquear el aprendizaje de los propios alumnos.

Encontrar un equilibrio en este punto parece el aspecto más complicado de toda la metodología. El objetivo principal de la metodología es que los alumnos aprendan a resolver problemas de carácter ingenieril de manera autónoma y contando con todos los medios (bibliográficos y asesoramiento) que puedan encontrar. Para ello se les indica que utilicen la biblioteca, internet, compañeros que hayan trabajado con estos equipos anteriormente, profesores, incluso informes de prácticas anteriores. Al no dar un guión cerrado la profundidad del trabajo realizado es muy variable.

Las reuniones técnicas se han revelado como la herramienta ideal para orientar el trabajo de los grupos. En ellas más que examinar se les solicita a los alumnos que justifiquen el trabajo realizado partiendo del objetivo marcado (problema técnico que se debe resolver), plan de trabajo, datos (errores, coherencia, ...), conclusiones que se pueden extraer de los datos obtenidos, solución alcanzada para el problema técnico.

En estas reuniones técnicas hay que cuidar especialmente que los problemas queden bien definidos para la semana siguiente al objeto de que las tareas experimentales queden asignadas claramente.

Objetivo nº 3:

Analizar las rúbricas de evaluación actuales y desarrollarlas introduciendo los objetivos técnicos formulados como resultados del aprendizaje, incorporando en lo posible mecanismos de cuantificación lo más objetivos posibles (sobre todo en la valoración por los alumnos). Se incluyen como anexos.

- **Rúbrica 1:** Evaluación al Equipo Ejecutor en el laboratorio
- **Rúbrica 2:** Evaluación al Equipo Director en el laboratorio
- **Rúbricas 3:** Evaluación resultados presentados por el Equipo Ejecutor
- **Rubrica 4:** Evaluación examen práctico final al Equipo Director
- **Rúbrica 5:** Evaluación del informe final del Equipo Director

Objetivo nº 4:

Mejorar el desarrollo de las reuniones técnicas, dotándolas de un guión secuenciado para cada una de ellas y en las que se incorporen la revisión de los objetivos de aprendizaje tanto técnicos como competenciales

Se han planificado las reuniones técnicas siguiendo el esquema:

1. Reunión previa con Equipo Director.
 - a. Analizar el fundamento teórico del equipo.
 - b. Revisar los elementos, variables fijas, manipulables y que pueden ser medidas.
 - c. Revisar hipótesis y datos que serían necesario obtener del equipo para poder operar con el mismo en cualquier condición.
 - d. Revisar el plan de trabajo propuesto para los distintos equipos ejecutores, determinando los experimentos a realizar y las condiciones en las que trabajarán.
 - e. Revisar las normas de seguridad y medio ambientales al equipo.
2. Reunión del equipo Director con el equipo Ejecutor previo al comienzo de la semana: plan de trabajo e indicaciones de seguridad y medio ambientales.
3. Reuniones técnicas con equipos ejecutores (asisten profesor y equipo Director).
 - a. Revisar los problemas o dificultades para ejecutar el plan de trabajo.
 - b. Experimentos realizados.
 - c. Exposición de datos.
 - d. Análisis de los datos.
 - e. Conclusiones (con el equipo Director se analizan posibles modificaciones al plan de trabajo a futuro).

Objetivo nº 5:

Analizar la conveniencia, estructura y contenidos de una prueba final de carácter experimental en la que los alumnos tengan que poner en juego el conocimiento adquirido en el manejo y operación de la unidad experimental sobre la que han trabajado.

La prueba ha consistido en realizar un trabajo industrial prefijado por los profesores con los equipos que han estado estudiando.

El grupo debe, en base a los datos y conclusiones obtenidas, determinar la configuración más adecuada del equipo para realizar el trabajo y el procedimiento operativo. También deben determinar previamente el coste de la operación.

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.