

# **METODOLOGÍAS ACTIVAS APLICADAS A LA ENSEÑANZA EXPERIMENTAL DE LA QUÍMICA EN INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL**

Díaz Fernández-Zapata, P., Reinoso Gómez, C., Sanchiz Rocha, M.A., Carrillo Ramiro, I., Barajas García, R., Albéniz Montes, J., Saavedra Meléndez, P.

*Depto. Química Industrial y Polímeros, EUIT Industrial, Universidad Politécnica de Madrid. C/ Ronda de Valencia, 3, 28012 Madrid. Tel. +34 91 336 3223; e-mail: paloma.diaz@upm.es*

## **Resumen**

Ante los cambios necesarios para la implantación del Espacio Europeo nos vemos en la necesidad de cambiar la forma de impartir las asignaturas en carreras como la de Ingeniería Técnica Industrial. En este trabajo se pretende la aplicación de nuevas metodologías para fomentar el aprendizaje activo en la asignatura experimental Laboratorio de Química I, que comprende la Experimentación en Análisis Químico y en Química Orgánica. El objetivo es motivar al alumno a la lectura previa y comprensiva de la práctica para adquirir un conocimiento más profundo sobre el fundamento, las operaciones básicas en Ingeniería y las posibles aplicaciones para su futuro profesional. Para ello, los alumnos realizan actividades tutorizadas como la búsqueda de información y la asistencia a seminarios activos. El cambio metodológico lleva consigo un sistema de evaluación continua que complementa a la evaluación del examen final.

## **Abstract**

A learning methodology has been developed and implemented in order to adapt the Industrial Technical Engineering in the Technical University of Madrid (UPM, Spain) to the European Higher Education Space (EHES) philosophy. In this work the application of new methodologies is sought to foment the active learning in the subject experimental Laboratory of Chemistry I, that it consists two parts, Chemical Analysis and Organic Chemistry. The aim is to motivate the student to the previous and understanding reading of the practice to acquire a deeper knowledge on the foundation, the basic operations in Engineering and the possible applications for its professional future. For it, the students carry out tutorial activities like the search of information and the attendance to active seminars. The methodological change includes a system of continuous evaluation that supplements to the final exam evaluation.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Química como ciencia experimental requiere el aprendizaje de un conjunto de habilidades y destrezas que sólo se pueden adquirir en el laboratorio. A esto debe añadirse el refuerzo de los contenidos teóricos, la visualización de ideas abstractas y la posible sugerencia de aplicaciones de la teoría al mundo real [1].

El cambio del actual sistema universitario también exige una revisión del trabajo experimental de laboratorio y de las metodologías para su desarrollo evitando que sean sólo una aplicación rutinaria de procedimientos a modo de receta, sino que favorezcan e impulsen la autonomía del alumno a la hora de aprender. El nuevo sistema de créditos ECTS (European Credit Transfer System), incluye tanto la adquisición de conocimientos, así como las destrezas y competencias necesarias en el mundo profesional [2].

El proceso de enseñanza-aprendizaje está fuertemente unido al concepto de “aprender haciendo”, esto es la base de esta asignatura, de carácter fundamentalmente experimental. Además, las metodologías activas conceden un papel muy relevante al alumno, quien construye el conocimiento a partir de unas pautas, actividades o escenarios diseñados por el profesor [3]. La aplicación de estas nuevas metodologías en esta asignatura, evita una actitud pasiva en el alumno que acude a un seminario o a una sesión de prácticas, dado que tendrá que participar en tareas que le permitirán aprender más, deberá buscar e integrar información, trabajar en equipo, planificarse, presentar resultados, tomar decisiones y también estudiar.

A lo largo de una sesión de dos horas un alumno debe ser capaz, no sólo de comprender el objetivo fundamental de la práctica, el sentido y utilidad de cada una de las operaciones que lleva a cabo, sino también de incorporar todo un cúmulo de informaciones diversas: recomendaciones de seguridad, normas para el manejo de instrumentos, eliminación adecuada de residuos, etc.

Las actividades experimentales deben dar lugar a un documento escrito (memoria, cuaderno de laboratorio) con una presentación ordenada del proceso de trabajo, acompañado de esquemas y dibujos que lo hagan más comprensible. En este documento deben quedar reflejadas claramente las observaciones realizadas, reflexiones teóricas o fundamentos, conclusiones, aplicaciones prácticas que se derivan, posible impacto en el medio ambiente y las fuentes de información consultadas [4].

Otras actividades tutorizadas que se realizan en la metodología propuesta son la búsqueda de información y la asistencia a seminarios activos.

Los seminarios permiten un diálogo entre el docente y el alumno más vivo y directo, fomentando la labor en equipo, cada vez más necesaria y valorada, y forma parte del cambio metodológico dentro del Espacio Europeo de Educación Superior [5].

Además, este cambio de metodología lleva consigo un sistema de evaluación continua que complementa a la del examen final. Hay que lograr una evaluación de los trabajos prácticos de un modo más completo, para ello se desarrollan métodos de observación para valorar la actividad experimental, principalmente las habilidades de manipulación y la aplicación correcta de los métodos experimentales. La sesión semanal de prácticas es solamente un espacio más dentro de una secuencia de actividades que se desarrollan a través de seminarios y otras actividades complementarias. El alumno va elaborando el denominado portafolio con todos los informes que va realizando en las distintas actividades.

El objetivo de este trabajo ha sido la aplicación de nuevas metodologías para fomentar el aprendizaje activo en la asignatura experimental Laboratorio de Química I, para que el alumno adquiriera un conocimiento más profundo sobre el fundamento, las operaciones básicas en Ingeniería y las posibles aplicaciones para su futuro profesional.

## **2. METODOLOGÍA DOCENTE Y EVALUACIÓN**

La asignatura LABORATORIO DE QUÍMICA I de 1º curso de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial, consta de 6 créditos y comprende dos áreas de experimentación: Análisis Químico y Química Orgánica, que se desarrollan según el siguiente esquema.

En primer lugar, durante la primera semana del curso se realiza un seminario inicial común a las dos áreas, donde se dan las normas de seguridad que los alumnos deben de

seguir durante su estancia en el laboratorio, la manipulación y eliminación correcta de los residuos, los hábitos de trabajo que deben adquirirse, y las actuaciones en caso de accidente.

Con la intención de motivar al alumno y que comience las prácticas con un conocimiento general de lo que va a realizar, se le exige la entrega de unas cuestiones previas cuya resolución le obliga a leer de forma comprensiva el guión de la práctica correspondiente. Además, hace que el alumno trabaje dentro y fuera del aula, implicándose en tareas y proyectos con el propósito de aprender a través de ellos, y siempre con el apoyo, la orientación y el ánimo del profesor [3].

Las sesiones experimentales darán comienzo en la segunda semana del curso. Se realiza una sesión semanal de dos horas de experimentación en Análisis Químico y una sesión semanal de dos horas de experimentación en Química Orgánica.

La experimentación en Análisis Químico se desarrolla en 12 sesiones de laboratorio y dos seminarios. Las dos primeras sesiones de laboratorio consisten en la realización de las operaciones más frecuentes en un laboratorio analítico (filtración, precipitación, centrifugación, disolución de precipitados, extracción, ajuste de pH, etc.).

Un segundo grupo incluye cinco prácticas en las que se introduce al alumno en las técnicas fundamentales del análisis cualitativo: reactividad de cationes y aniones frecuentes, utilización de reactivos generales como métodos de separación e identificación de cationes y aniones mediante reactivos específicos.

Un tercer grupo incluye cinco sesiones de laboratorio en las que se introduce al alumno en las técnicas gravimétricas y volumétricas, es decir, el análisis cuantitativo. Consisten fundamentalmente en la determinación gravimétrica del níquel, determinación de calcio en aguas por complexometría, determinación de cloruros (método de Mohr), volumetrías de neutralización y determinación permanganométrica del hierro en un mineral. Todos los análisis se realizan según la Normativa vigente.

Con respecto a los seminarios, se realizan dos: un primer seminario de formulación donde se repasa brevemente la formulación inorgánica y se introduce al alumno en la formulación y nomenclatura de complejos. Y un segundo seminario en el que se revisan los conocimientos sobre preparación de disoluciones, cálculos de concentración, cálculos volumétricos y gravimétricos.

La experimentación en Química Orgánica se realiza a través de doce sesiones de laboratorio, en las que se realizan:

- Manejo y montaje de aparatos de separación de mezclas.
- Destilaciones (simple y fraccionada) y arrastre de vapor.
- Extracción de sustancias.
- Determinación de constantes físicas: punto de fusión, índice de refracción.
- Purificación y síntesis de distintas sustancias.
- Análisis funcional de compuestos orgánicos.
- Cromatografía en capa fina.

Durante la realización de estas prácticas, el alumno toma nota de los datos experimentales obtenidos que incluirá en la memoria de laboratorio (una de las partes del portafolio). Además, algunas de las memorias finales se realizan de forma cooperativa, en grupos de 4 alumnos.

Como se ha comentado anteriormente, otras actividades asociadas a esta experimentación son los seminarios, que tienen como objetivo fundamentar

adecuadamente las prácticas. Se realizan cuatro seminarios basados en actividades tutorizadas. Constan de una breve exposición de contenidos por parte del docente y de un programa de actividades con participación directa de los alumnos en sesiones de dos horas.

- Revisión de la formulación de compuestos orgánicos insistiendo en los grupos prioritarios según las reglas de la IUPAC.
- Solubilidad I y Solubilidad II, manejo de tablas. Se trata de ayudarles en la elección adecuada del disolvente y de establecer las relaciones entre solubilidad y estructura de un compuesto orgánico.
- Espectroscopía infrarroja. Confirmar la existencia de grupos funcionales y diferenciar compuestos según su grupo funcional.

La evaluación debería afrontarse como un elemento participativo más, a través de la cual tanto el alumno como el profesor pueden reflexionar y realizar propuestas de mejora de los procesos que vayan teniendo lugar, desterrando así el carácter coercitivo que tradicionalmente ha acompañado a la evaluación [6]. Además, el proceso de evaluación debe ser transparente y formativo. Transparente porque el alumno debe de conocer los criterios que se van a tener en cuenta para evaluarle, la forma de medirlos y el peso de los mismos. Por otro lado, el carácter formativo implica una retroalimentación a profesores y alumnos, que podrán ajustar su metodología de enseñanza-aprendizaje en función de la información recibida [3].

La calificación global del curso se distribuye en un 60% de evaluación continua y un 40% de la calificación del examen escrito final sobre cuestiones de razonamiento experimental y conceptual que han utilizado en las distintas prácticas, siendo la nota de examen final mínima de 4.

La evaluación continua recoge las calificaciones de: cuestiones previas, cuestiones de los seminarios, habilidades de manipulación y aplicación correcta del procedimiento experimental, y también la valoración del portafolio del alumno.

Como cualquier metodología de enseñanza-aprendizaje debe ser evaluada, al final del curso, los alumnos realizan una encuesta de evaluación de cada una de las partes de la asignatura Laboratorio de Química I.

### **3. RESULTADOS**

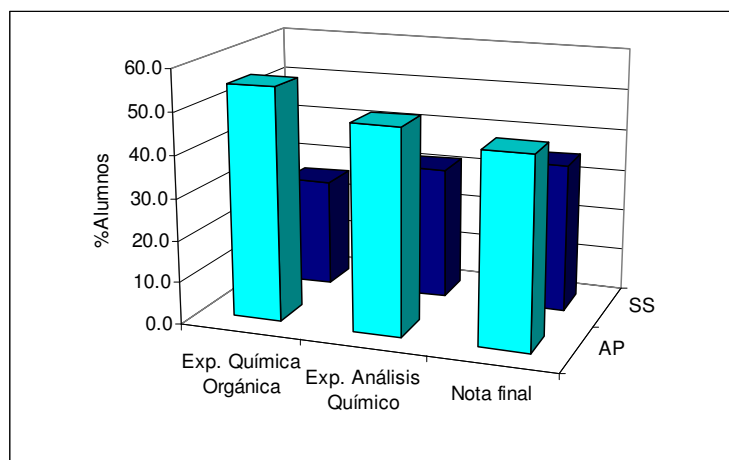
El número de alumnos matriculados en la asignatura de Laboratorio de Química I ha sido de 82, y sólo uno de ellos tiene convalidada la Experimentación en Química Orgánica. Hay que destacar el alto seguimiento de esta asignatura por parte del alumnado, con sólo un 19,5% de abandono durante el curso 2007/08, esto la diferencia del resto de asignaturas de primer curso donde el abandono es del orden del 50% de matriculados.

#### **3.1. Resultados de la evaluación de los alumnos**

En la siguiente tabla (Tabla 1) y en la Figura 1, se muestra el porcentaje de aprobados y suspensos en la convocatoria de junio del curso 2007/08. Se observa que hay un 45,1% de aprobados con respecto al número total de alumnos matriculados, que asciende a un 56,1% de los 64 alumnos presentados al examen final.

**Tabla 1.** Número y porcentaje de alumnos aprobados (AP), suspensos (SS) y no presentados (NP) en las distintas partes de la asignatura y en la nota final en el curso 2007/08 (convocatoria de junio).

	Exp. Química Orgánica		Exp. Análisis Químico		Nota final	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>AP</b>	45	55,6	40	48,8	37	45,1
<b>SS</b>	21	25,9	26	31,7	29	35,4
<b>NP</b>	15	18,5	16	19,5	16	19,5
<b>Matriculados</b>	82	100,0	82	100,0	82	100,0



**Figura 1.** Porcentaje de alumnos aprobados (AP) y suspensos (SS) en las distintas partes de la asignatura y en la nota final en el curso 2007/08 (convocatoria de junio).

Para analizar si la nueva metodología ha influido en los resultados obtenidos, se ha comparado el porcentaje de aprobados en la convocatoria de junio de los cursos académicos 2006/07 y 2007/08 (ver Tabla 3).

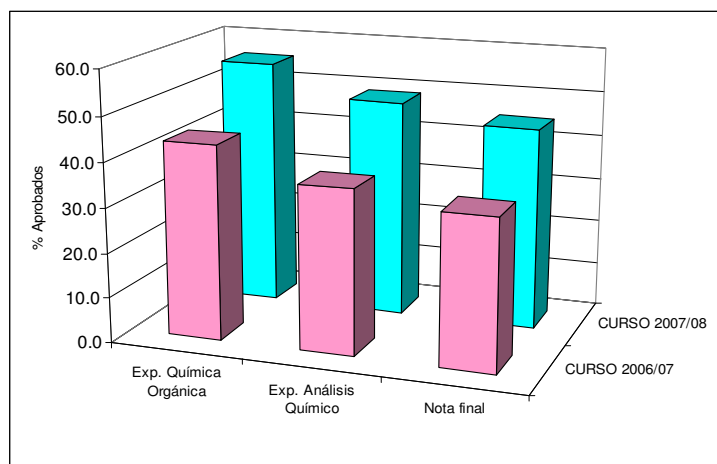
En la Tabla 2 se muestra el número de alumnos aprobados y suspensos en la convocatoria de junio del curso 2006/07. La comparación del porcentaje de aprobados en los dos cursos mostrado en la Tabla 3, indica que ha aumentado en el curso 2007/08 con respecto al curso anterior, tanto en las partes de la asignatura como en la nota final. Se concluye que el número de aprobados ha aumentado en más de un 10%, por lo que la experiencia consideramos que ha sido positiva.

**Tabla 2.** Número de alumnos aprobados y suspensos en las distintas partes de la asignatura y en la nota final en el curso 2006/07 (convocatoria de junio).

	Exp. Química Orgánica	Exp. Análisis Químico	Nota final
<b>AP</b>	40	33	31
<b>SS</b>	40	47	38
<b>NP</b>	12	10	23
<b>Matriculados</b>	92	92	92

**Tabla 3.** Porcentaje de alumnos aprobados en las distintas partes de la asignatura y en la nota final durante los cursos 2006/07 y 2007/08 (convocatoria de junio).

	Exp. Química Orgánica	Exp. Análisis Químico	Nota final
<b>CURSO 2006/07</b>	43,5	36,7	33,7
<b>CURSO 2007/08</b>	55,6	48,8	45,1



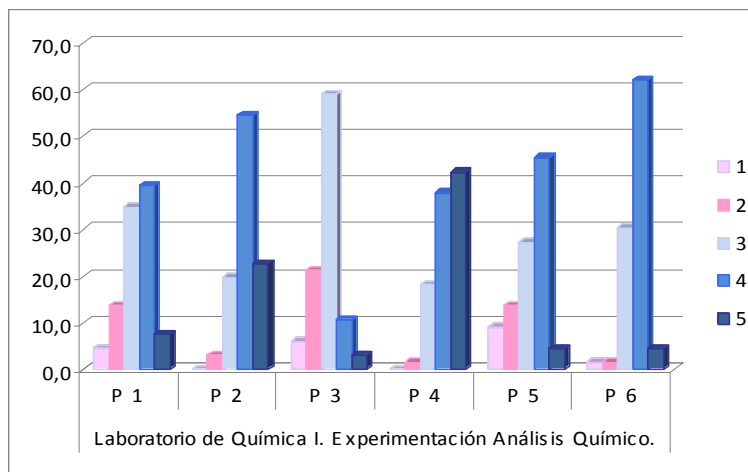
**Figura 2.** Comparación del porcentaje de alumnos aprobados en las distintas partes de la asignatura y en la nota final en la convocatoria de junio de los cursos académicos analizados (2006/07 y 2007/08).

### 3.2. Resultados de las encuestas realizadas para evaluar la nueva metodología

La encuesta de Experimentación en Análisis Químico ha constado de las siguientes preguntas, con valoración de 1 a 5:

1. *¿La hoja previa te ha facilitado la comprensión de las prácticas iniciales?*
2. *¿Crees que la experiencia te serviría para fijar mejor los conocimientos de la materia?*
3. *¿Tu nivel de conocimientos iniciales lo consideras suficiente para abordar la comprensión de las prácticas?*
4. *¿El desarrollo de las prácticas te ha servido para trabajar en grupo?*
5. *¿Consideras que la realización de trabajos cooperativos te habría favorecido la comprensión de la materia?*
6. *¿Cómo valorarías tu nivel de conocimientos al finalizar las prácticas?*

La encuesta ha sido realizada por un total de 66 alumnos de 82 matriculados. Al analizar las encuestas de la parte de Experimentación en Análisis Químico, se llega a la conclusión de que un alto porcentaje de alumnos da valores muy positivos a esta forma de abordar esta parte de la asignatura (valores  $\geq 3$ ), como se muestra en la Figura 3. Además, un 96,9% del alumnado considera que alcanza un nivel bueno de conocimientos al finalizar el curso.



**Figura 3.** Resultados de las preguntas de la encuesta de Experimentación en Análisis Químico, expresados en porcentaje de alumnos que valoran cada pregunta de 1-5.

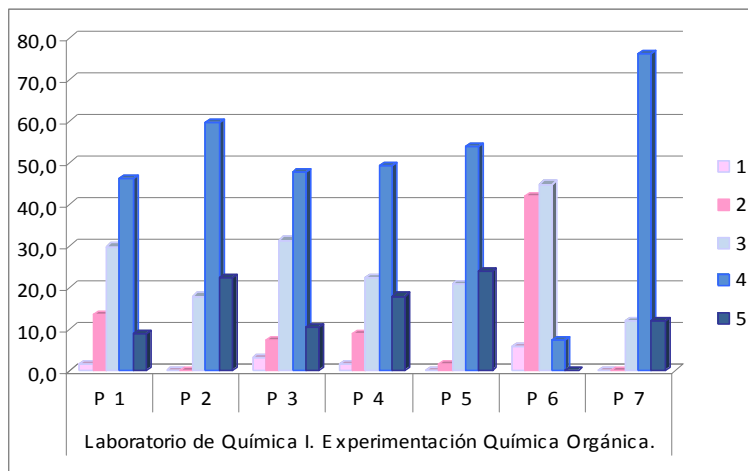
Con respecto a la Experimentación en Química Orgánica, se ha realizado otra encuesta con algunas cuestiones diferentes a la anterior. Además, aunque se realizaron en días diferentes, los resultados han sido muy similares y favorables como se muestra en la Figura 4.

El número de alumnos que respondieron a esta encuesta fue de 67 de los 82 matriculados. Las cuestiones han sido las siguientes, con valoración de 1 a 5:

1. *¿La hoja previa te ha facilitado la comprensión de la práctica?*
2. *¿Esta experiencia te ha servido para fijar mejor los conocimientos de la materia?*
3. *¿El realizar los trabajos cooperativos te ha sido útil como técnica de estudio, es decir, te ha facilitado el aprendizaje?*
4. *¿Esta experiencia te ha servido para trabajar en grupo?*
5. *Valora tu implicación en el trabajo cooperativo.*
6. *¿Cuál crees que era tu nivel de conocimientos en cada materia antes de realizar el trabajo?*
7. *¿Cuál crees que era tu nivel de conocimientos en cada materia después de realizar el trabajo?*

En esta encuesta se incluyen tres cuestiones de trabajos cooperativos ya que las últimas memorias del portafolio las realizan en grupos de 4 alumnos.

Cabe destacar que el 100% de los encuestados considera que la entrega de la hoja previa le ha servido para fijar mejor los conocimientos de esta parte de la asignatura, y que el 99,9% ha finalizado la Experimentación en Química Orgánica con un nivel medio-alto (valores  $\geq 3$ ), puntuando con 4 un 76,1% del alumnado (Figura 4).



**Figura 4.** Resultados de las encuestas realizadas de Experimentación en Química Orgánica, expresados en porcentaje.

#### 4. CONCLUSIONES

La aplicación de esta metodología de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Laboratorio de Química I de 1º de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial, ha implicado el aumento del número de aprobados en la convocatoria de junio del curso 2007/08 con respecto al curso anterior. Además, las encuestas realizadas muestran un alto grado de satisfacción, así como, la mejora del nivel de conocimientos adquiridos por el alumno. Por otro lado, imaginamos que, por las características de la asignatura, primordialmente experimental y con asistencia obligatoria, el índice de abandono ha sido escaso.

En general, los alumnos han preparado, con todas las acciones realizadas, su portafolio individual con orden, disciplina y elaboración de contenidos. La valoración en la nota de clase ha sido superior a la obtenida en la nota de examen final. Al incluir la asignatura dos partes experimentales perfectamente diferenciadas y, además, exigirse una nota de examen final mínima de 4 en cada una de ellas, se han rebajado las expectativas esperadas comparadas con las notas de aprovechamiento de clase o evaluación continua. No obstante, a partir del análisis de los resultados obtenidos, se concluye que la experiencia en su conjunto ha sido positiva.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica de Madrid la financiación de los proyectos nº IE07 5625-073, “Actividades relacionadas con la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior en el Primer Curso de la Titulación de Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Química Industrial”, nº IE07 5625-074 “Adaptación de los alumnos al primer curso de Ingeniería Técnica Industrial a través de los contenidos químicos” y nº IE07 0535-020 “Innovación educativa para el aprendizaje de la Química”.



## 6. REFERENCIAS

- [1] Albéniz, J.; Barajas, R.; Carrillo, I.; Saavedra, P.; Reinoso, C. *Primeros pasos en la implantación del sistema ECTS en la asignatura de Fundamentos de Química de la E.U.I.T.I. de Madrid*. III Foro Bienal. Aprendizaje de la Física y la Química. Madrid, 2007.
- [2] Lucas Yagüe, S., García Encina, P.A., Bolado Rodríguez, S., García Cubero, M.T., González Benito, G., Urueña Alonso, A. (2008). Teaching and learning strategies and evaluation changes for the adaptation of the Chemical Engineering degree to EHES. *Education for chemical engineers 3*, e33–e39.
- [3] Benito, A., Cruz, A. *Nuevas claves para la Docencia Universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Narcea S.A. de Ediciones, Madrid, 2005.
- [4] Llorens Molina, J.A., López Rodríguez, R. Los trabajos prácticos de Química en los niveles iniciales de Enseñanza Universitaria: Aplicación a un primer curso de Ingeniería Técnica Agrícola. En G. Pinto Cañón: *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*. Sección de Publicaciones de la ETSI Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
- [5] Michavila, F., Zamorano, S. (2007). Reflexiones sobre los cambios metodológicos anunciados en la Educación Superior en España. *Educación y Futuro 16*, 31-46.
- [6] López Noguero, F. *Metodología participativa en la Enseñanza Universitaria*. Narcea S.A. de Ediciones, Madrid, 2005.