

# **Autoaprendizaje de los alumnos mediante “problemas libres” en el campo de las Tecnologías del Medio Ambiente**

Amanda Laca Pérez, Yolanda Patiño Menéndez

Dpto. Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de Oviedo  
C/Julián Clavería, s/n. 33006, Oviedo

Correspondencia: lacaamanda@uniovi.es

## **Resumen**

El método clásico de impartición de asignaturas teórico-prácticas consiste, en la mayoría de los casos, en la exposición por parte del profesor de clases teóricas y la resolución de cuestiones prácticas. Dicha metodología dificulta la participación de los estudiantes, limitando el desarrollo de sus capacidades. Para fomentar el autoaprendizaje y la participación activa de los alumnos, en este trabajo, se propuso una nueva alternativa complementaria a la resolución de cuestiones prácticas. Dicha alternativa se basa en el planteamiento y resolución, por parte de los alumnos de diferentes grados de ingeniería de, al menos, un problema correspondiente a las asignaturas de “Ingeniería Ambiental” y “Tratamiento y Recuperación de Residuos”. Se propuso una entrega obligatoria, y, de manera voluntaria, hasta un máximo de tres problemas relativos a diferentes aspectos de la asignatura correspondiente. Esta tarea fue llevada a cabo en grupos para fomentar el trabajo en equipo y la capacidad de comunicación. Se evaluó el aprendizaje del alumno, su carácter crítico, su habilidad para extraer los conceptos importantes de la asignatura, así como su capacidad de organización. Finalmente debe señalarse que prácticamente la totalidad de los alumnos indicó que este tipo de dinámica les había resultado útil para afianzar la materia impartida en la asignatura. En cuanto a las calificaciones medias obtenidas, desarrollo y exposición fueron los aspectos con mejores resultados, con calificaciones superiores al 8.8. Por otro lado, originalidad y dificultad presentan una calificación inferior, de 8.1 y 7.7 respectivamente.

*Palabras clave:* problemas, autoaprendizaje, prácticas de aula (PA), Tecnologías del Medio Ambiente

## **Self-learning of the students through “free problems” in the field of Environmental Technologies**

### **Abstract**

The classic method of teaching theoretical-practical subjects consists, in most cases, on expounding of theoretical lessons and solving practical issues by the teacher. This methodology makes participation difficult, limiting the development of students' abilities. To encourage self-learning and the active participation of students, a new alternative complementary to the resolution of practical issues, was proposed in this work. This alternative is based on the approach and resolution, by students of different engineering degrees, of at least one problem corresponding to the subjects of “Environmental Engineering” and “Treatment and Valorization of Wastes”. One mandatory submission was requested, and, on a voluntary basis, the students could submit a maximum of three projects, related to the subjects' contents. This task was carried out in groups to promote teamwork and communication skills. The student's learning, critical capacity and ability to identify the important concepts of the subject, as well as their organisational capacity, were evaluated. Finally, it should be noted that practically all of the students indicated that this type of dynamic had been useful for them to consolidate the matter taught in

the corresponding subject. Regarding the average marks obtained, development and exposure were the aspects with the best results, higher than 8.8. In addition, originality and difficulty have a lower marks, 8.1 and 7.7 respectively.

*Keywords:* problems, self-learning, classroom practices (CP), Environmental Technologies

## **INTRODUCCIÓN**

Partiendo de la premisa de que la innovación educativa ha de ser útil y práctica y suponer una mejora del aprendizaje del alumnado, en este estudio se fomentó el autoaprendizaje de los alumnos mediante la realización de “problemas libres”. La innovación ha de suponer un cambio en el modo en el que se hacen las cosas, un cambio que debe ser además voluntario y basado en la creatividad (Miralles et al., 2012). Pero... ¿cómo diferenciar innovación de un simple cambio? Según Palomo et al. (2006), la innovación tiene que ser una transformación significativa con el fin de mejorar la calidad a través de una intencionalidad reflexionada, lo que fue el objetivo de este trabajo.

Durante años, las Tutorías Grupales (TG) de los alumnos de las asignaturas objeto de estudio en este proyecto, se han basado en la realización de trabajos por parte de los alumnos de alguna temática relacionada con la asignatura. En muchos casos, los temas propuestos eran los mismos durante varios cursos consecutivos, e incluso ha habido casos donde varios grupos llegaban a exponer el mismo tema, resultando repetitivo, sin suponer una oportunidad de ampliación de conocimientos ni derivar en una utilidad para la preparación de la asignatura.

Partiendo, por lo tanto, de la necesidad de cambio en la realización de las TG, se hace imprescindible la búsqueda de nuevas metodologías. Dentro de las alternativas disponibles, como podrían ser, por ejemplo, el trabajo por proyectos, el análisis de casos de estudio, el desarrollo de prácticas innovadoras, etc. surge la alternativa del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Esta alternativa se centra en el trabajo de aprendizaje del alumnado, de manera que el profesor deja de ser el protagonista, pasando a ser un guía para el alumnado (Egido et al., 2007). Además, puede ser también un método grupal, favoreciendo con ello el trabajo en equipo a la hora de abordar la resolución de los problemas.

El ABP tiene como objetivo ayudar al alumno en el proceso de aprendizaje, partiendo de un problema similar al que el estudiante podrá llegar a encontrarse en el futuro. Es, por lo tanto, un método de enseñanza activo enfocado al alumno (Bond y Faletti, 1991). Por ello, en este trabajo, como alternativa a las TGs convencionales se propone la nueva actividad de “Problemas Libres”, basada en el ABP, planteando la cuestión de estudio o problema, siendo éste un proceso en grupo, que además conlleva un proceso de aprendizaje independiente. Además, hay que destacar un aspecto fundamental de esta nueva metodología, el profesor deja de ser la fuente de información y los alumnos pasan a ser los protagonistas. Se logra así una enseñanza donde el profesor pasa a ser un acompañante, guía y/u orientador, fomentando que los alumnos sean capaces de organizar y manejar mejor sus conocimientos y sean además críticos con el trabajo realizado.

Aunque ya desde hace algún tiempo el ABP se ha ido aplicando en la Universidad, es cierto que en carreras técnicas y, sobre todo, en ingenierías, aún no tiene el peso que debería y es mayoritariamente el profesor el que plantea y resuelve problemas que el alumno podrá encontrarse en un futuro en el contexto de su vida profesional. Es una actividad novedosa, que logra un cambio positivo en el desarrollo de la asignatura y en la adquisición de conocimientos y aptitudes por parte de los alumnos. Hay que destacar que hay también un cambio en los estudiantes al permitirles ampliar la búsqueda de fuentes de información, seleccionando la información relevante que les permita afrontar la resolución de un problema. Por otra parte, en este estudio, la actividad se desarrolla en dos asignaturas de dos grados diferentes, favoreciendo la colaboración entre profesores, suponiendo así también, un trabajo en equipo para el profesorado, ayudando a dejar de entender la docencia como algo meramente individual (Egido, 2007).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta nueva alternativa de ABP, se propuso a los estudiantes de Ingeniería Ambiental (IA) del tercer curso del Grado en Ingeniería Mecánica (asignatura obligatoria) y a los estudiantes de Tratamiento y Recuperación de Residuos (TRR) de cuarto del Grado en Ingeniería Química (asignatura optativa). La metodología se basa en la evaluación de una o varias entregas realizadas por los estudiantes, así como la exposición en clase de los problemas seleccionados. El trabajo se realizó en grupos de 2-3 personas, en función del número total de alumnos. En el caso de la asignatura de Ingeniería Ambiental, los alumnos debían entregar al menos un problema perteneciente a uno de los tres bloques de la asignatura: contaminación atmosférica, contaminación de las aguas o contaminación por residuos, quedando a decisión de los alumnos la elección del bloque. De manera voluntaria, los alumnos podían hacer entrega de un máximo de tres problemas, uno por cada bloque. En cuanto a la asignatura de Tratamiento y Recuperación de Residuos, los alumnos realizarán una única entrega, ya que el temario incluye un único bloque referente a la contaminación por residuos. Las entregas consistirán en la propuesta y resolución de un problema, adecuado a los conocimientos impartidos en la asignatura y de complejidad equiparable a los realizados en clase en las Prácticas de Aula (PA). Tras la entrega, los alumnos expondrán en clase la resolución de los problemas planteados. El problema puede ser sacado directamente de la bibliografía, ser una modificación de un problema de la bibliografía o de otro planteado por el profesor en las PA o puede haber sido desarrollado completamente desde cero por el grupo, teniendo siempre en cuenta la materia impartida.

Los alumnos debían realizar las entregas donde figurase la fuente bibliográfica empleada, la resolución explicada de manera clara y concisa, detallando cada uno de los pasos llevados a cabo y apoyándose en archivos de cálculo y/o gráficos, en caso de ser necesario. Finalmente, debían de justificar el motivo de la elección de dicho problema, así como su adecuación a la temática de la asignatura.

Las entregas se realizaron a través del “Campus Virtual” en las fechas de entrega indicadas y, de modo que los profesores pudiesen enviar a los estudiantes un *feed back* con los comentarios que consideraban pertinentes. Posteriormente a la fecha de entrega, los alumnos exponían en clase, delante de sus compañeros, al menos un problema. En aquellos casos en los que los alumnos hubiesen realizado más de una entrega, podían exponer la totalidad de los problemas presentados, si así lo elegían voluntariamente.

Una vez finalizada las entregas y presentaciones, los profesores evaluaban diferentes aspectos como: adecuación del problema a los conocimientos de la asignatura, grado de complejidad del problema propuesto, originalidad del problema planteado, adecuado desarrollo del mismo, así como la claridad de la exposición en clase. La calificación obtenida por los alumnos formaba parte de la calificación relativa a las “Tutorías Grupales”. Desde la propuesta de la actividad a los alumnos hasta la fecha de entrega, los alumnos disponían de la opción de tutorías con el profesor como herramienta de apoyo de la actividad. Además, los estudiantes podían emplear la bibliografía recomendada para la asignatura.

Por último, una vez finalizadas las TGs, se realizó un cuestionario a los alumnos con el fin de valorar el efecto de la nueva propuesta, pudiendo conocer así la opinión de los estudiantes (figura 1). En dicha encuesta, el alumnado evaluaba la dificultad de la actividad, su utilidad, etc. Pudiendo proponer además posibles mejoras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la asignatura Ingeniería Ambiental, se dividió al total de 26 alumnos en 12 grupos de 2-3 personas. De los 12 grupos, 5 realizó dos entregas, una correspondiente al bloque de contaminación atmosférica y otra al de contaminación de las aguas. Los 7 grupos restantes realizaron la única entrega obligatoria, seleccionando 7 de ellos un problema relativo a contaminación atmosférica y solo 1 de ellos, de contaminación de las aguas. Teniendo en cuenta la totalidad de las entregas, el 65% se corresponde con el bloque de contaminación atmosférica y el 35% con contaminación de las aguas, no habiendo realizado ningún grupo, entrega relativa a contaminación por residuos.

**Figura 1**

*Encuesta de valoración realizada a los alumnos al finalizar las TGs.*

**ENCUESTA - TG “PROBLEMA LIBRE”**

Indicar género:     Hombre         Mujer         No binario

Empleando una escala del 1 al 5 (1: muy fácil y 5: muy difícil), valora la dificultad de esta TG en comparación con las TG de otras asignaturas del grado:

Empleando una escala del 1 al 5 (1: muy útil y 5: poco útil), valora si la realización de esta TG te resultó útil para la comprensión de las PA:

Empleando una escala del 1 al 5 (1: muy adecuado y 5: nada adecuado), valora si este tipo de TG te parece más adecuado que el empleado en cursos anteriores basados en la exposición teórica de un tema relacionado con la asignatura:

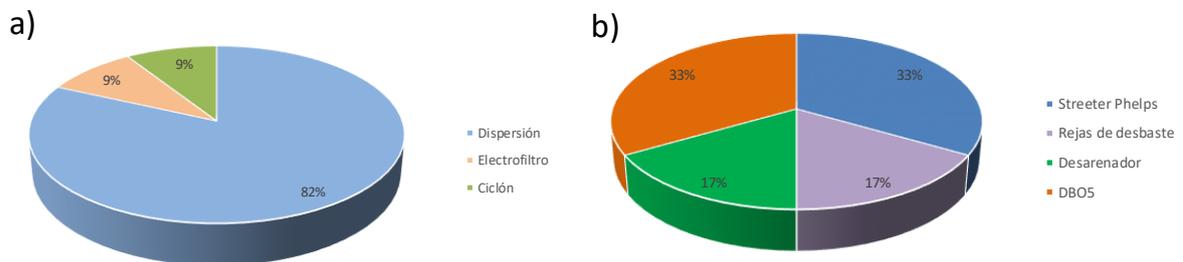
Indicar que recurso has empleado como fuente para la realización de la TG (apuntes de clase, series de PA, bibliografía sugerida, internet...):

Si quieres, comenta posibles mejoras para el desarrollo de la TG propuesta:

Como puede verse en la figura 2, dentro del bloque de contaminación atmosférica, el 82% de los alumnos realizó un problema sobre “modelos de dispersión de contaminantes gaseosos”, el 9% sobre “electrofiltro para la eliminación de partículas de corrientes gaseosas” y el 9% restante sobre “ciclón para la eliminación de partículas de corrientes gaseosas”. Por otro lado, en lo relativo al bloque de contaminación de las aguas, el 33% de los estudiantes llevó a cabo un problema relativo al “modelo de Streeter-Phelps” para el estudio de la dispersión de contaminantes acuosos, otro 33% entregó un problema sobre la “determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)”, el 17% sobre el “diseño de un desarenador” y otro 17% sobre el “diseño de rejillas de desbaste”. Si se considera la totalidad de las entregas de manera global, el 53% del estudiantado realizó un ejercicio sobre “modelos de dispersión de contaminantes gaseosos”.

**Figura 2**

*Distribución de temáticas de los problemas propuestos relativos al bloque de contaminación atmosférica (a) y al bloque contaminación de las aguas (b)*

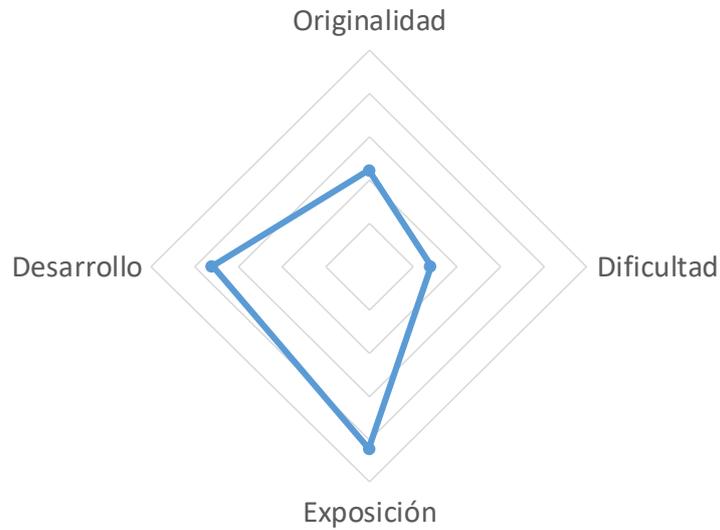


A pesar de que ningún alumno realizó una entrega relativa a contaminación por residuos, esto resultaba esperable puesto que son problemas que se realizan al final de la asignatura y, además, resultan de baja complejidad. Por lo tanto, teniendo en cuenta que, en el momento de la TG, los estudiantes aún no han asimilado totalmente este tipo de problemas y que la complejidad del ejercicio propuesto era un aspecto a valorar, parece lógico que se hayan decantado por otro tipo de ejercicios más complejos y con los que estaban más familiarizados.

Los problemas entregados por los alumnos se evaluaron en términos de originalidad, dificultad, desarrollo y exposición. En la figura 3 se muestran representadas las medias de los cuatro aspectos a valorar. Las mayores calificaciones se obtuvieron en los apartados “Desarrollo” y “Exposición” con unas calificaciones medias de 8.8 y 9.1, respectivamente. La media en cuanto a “Originalidad” se situó en el 8.1, siendo la menor de las calificaciones para el apartado “Dificultad” con un 7.7. En general, aunque el desarrollo estaba bien realizado, exceptuando casos puntuales, los alumnos no llevaron a cabo la resolución de problemas con elevada dificultad, buscando más el tener bien la resolución del ejercicio y que les fuese fácil llevarlo a cabo. En el caso de “Originalidad” y “Desarrollo” se observó una variación importante de las calificaciones entre grupos, siendo en ambos casos la nota inferior un 6 y 10 la máxima. En el caso de “Dificultad” los valores se encontraban en el intervalo 6-9 y para “Exposición” 8.5-9.5. Esta última calificación es la que menos variación obtuvo, mostrando, en general, todos los alumnos buenas aptitudes a la hora de desarrollar la resolución del problema de manera expositiva delante del resto de sus compañeros. En todos los casos los alumnos se apoyaron del uso de la pizarra y/o de presentaciones en Power Point para lograr una explicación detallada de la resolución. En cuanto a la fuente empleada para la realización de la tarea, la mayoría de los alumnos indicaron la opción apuntes o PA de clase (72%), o bibliografía sugerida (21%); seleccionando sólo un 5% internet como fuente y un 2% otros recursos.

**Figura 3**

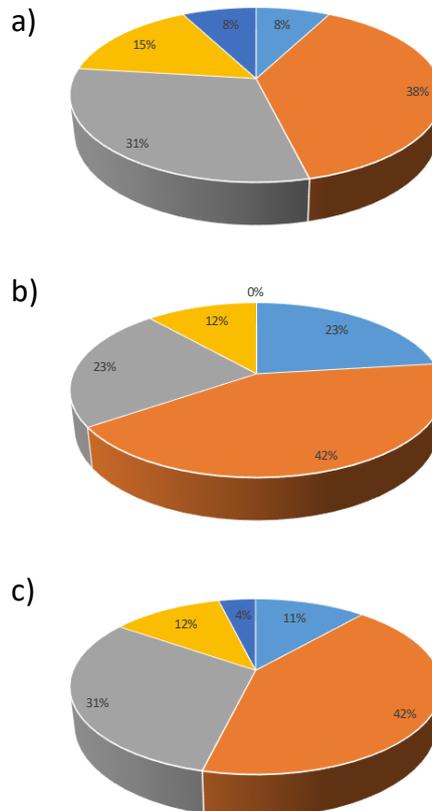
Calificaciones medias obtenidas por los alumnos de Ingeniería Ambiental en los cuatro aspectos a valorar.



Finalmente, tras la realización de la actividad, los alumnos respondieron a la encuesta de satisfacción (figura 4). En cuanto a la dificultad, un 46% consideraron la actividad fácil o muy fácil, frente al 23% que la consideró difícil o muy difícil. En lo referente a la utilidad, un 65% vio la actividad como muy útil o útil, frente al 12% que la valoró como nada útil o poco útil, destacando que sólo uno de los alumnos seleccionó la opción nada útil. En el aspecto de adecuación de la tarea, un 53% la encontró muy adecuada o adecuada, frente al 16% que indicó que le resultaba nada adecuada o inadecuada. Destacar que, en los tres aspectos, entre el 23-31% de los alumnos optaron por una valoración intermedia. Por lo tanto, en base a las bajas calificaciones para muy difícil, poco útil, o nada adecuado, se puede concluir que la tarea propuesta se ajustaba a las necesidades y circunstancias de los alumnos.

**Figura 4**

Resultados de la encuesta de satisfacción de los alumnos de Ingeniería Ambiental en base a dificultad (a), utilidad (b) y adecuación (c), siendo 1, 2, 3, 4, 5.



En lo referente a posibles mejoras, los alumnos hacen referencia a los temas seleccionados para la realización del problema libre, ya que un elevado porcentaje de los mismos estaba relacionado con un mismo tema. Por lo tanto, podría resultar interesante de cara a aplicar de nuevo esta metodología, poner un tope de alumnos por tema o realizar un sorteo de los posibles temas entre todos los grupos de trabajo y, de este modo, todos los temas serían tratados y habría más variedad en los mismos.

En cuanto a la asignatura de Tratamiento y Recuperación de Residuos, al ser una asignatura optativa correspondiente al cuarto año, tan sólo la cursaron 3 alumnas. En este caso, la realización del “problema libre” se llevó a cabo de manera individual, realizando dos de las tres entregas sobre “compostaje” y una de ellas sobre “biometanización”. Las tres estudiantes valoraron la dificultad con un 3, una media para la utilidad de 3.6, y de 3.3 en cuanto a la adecuación. En este caso, los resultados obtenidos distan un poco de la evaluación tan positiva realizada por los alumnos de Ingeniería Ambiental. En cuanto a las fuentes empleadas, 2 alumnas emplearon fuentes de internet y sólo 1 de ellas la bibliografía recomendada. Las estudiantes que cursaron esta asignatura hicieron constar que la realización de la tarea les resultó compleja, con cierta dificultad, distando de las opiniones referidas por los alumnos de la asignatura de Ingeniería Ambiental. Debe considerarse además que, en este caso, al realizar la actividad de manera individual, quizás la complejidad ha sido un factor más determinante al no tener un grupo de apoyo para la resolución de la misma y recaer todo el peso sobre un único alumno. Este hecho quizás se ha podido también ver reflejado en las calificaciones, que, aunque al ser pocos alumnos no sean una muestra representativa, sí que destaca que dos de las tres alumnas presentan una media de 6, frente a la tercera con un 8.5. Prestando atención a los cuatro aspectos a considerar en las calificaciones (figura 5), en este caso, el gráfico de araña muestra una distribución diferente a la indicada en la figura 3, que, aunque sigue destacando con buenas calificaciones la exposición, decrece la calificación en cuanto al desarrollo de la resolución del problema, de ahí las bajas calificaciones aquí obtenidas.

### Figura 5

Calificaciones medias obtenidas por los alumnos de Tratamiento y Recuperación de Residuos en los cuatro aspectos a valorar.



En general, la nueva metodología propuesta resultó de interés y ha sido atractiva para los estudiantes, sin mostrar una complejidad excesiva y siendo además útil para la preparación de la asignatura. Por otro lado, sirvió a los alumnos para realizar exposiciones en público, adquiriendo y mejorando sus habilidades de comunicación. Asimismo, en la asignatura de Ingeniería Ambiental se ha fomentado el trabajo en equipo, al llevar a cabo la actividad en grupo.

### CONCLUSIONES

Empleando la metodología de ABP, se consiguió no sólo modificar el papel del alumno, si no también cambiar en cierto modo la manera de aprender y enseñar, de manera que, a la hora de llevar a cabo la evaluación, no solo se debe tener en cuenta la resolución de los problemas correctamente, sino que hay que tener en cuenta otros aspectos, tales como puede ser el grado de dificultad, ligado en cierto modo con la responsabilidad que adquiere el alumno con la asignatura, la originalidad, la claridad durante exposición, etc. Al mismo tiempo, al ser partícipes todos los alumnos de las exposiciones de sus compañeros y ver las tareas llevadas a cabo por cada grupo, la actividad sirve como ejercicio de autoevaluación y autocrítica.

Por último, es destacable que, de acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas de satisfacción, los alumnos ratificaron la idoneidad de la nueva metodología para permitir afianzar los conocimientos de la asignatura, sin que haya supuesto una dificultad extra. Por otro lado, cuenta además con el visto bueno del alumnado para sustituir a las metodologías empleadas en años previos en las sesiones de TG.

### REFERENCIAS

- Bond, D., Feletti, G. The challenge of based learning. Kogan Page, 1991.
- Egido, I., Aranda, R., Cerrilo, R., De la Herrán, A., De Miguel, S., Gómez, M., Hernández, R., Izuzquiza, D., Murillo, J., Pérez, M., Rodríguez, R.M. El aprendizaje basado en problemas como

innovación docente en la universidad: posibilidades y limitaciones. *Educación y Futuro*, 16, 2007, 85-100.

Miralles, P., Maquilón, J.J., Hernández, F., García, A. Dificultades de las prácticas docentes de innovación educativa y sugerencias para su desarrollo. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 15, 2012, 19-26.

Palomo R., Ruiz, J., Sánchez, J. Las TIC como agentes de innovación educativa. Junta de Andalucía, 2006.