

## Implementación y resultados obtenidos en una propuesta de Aprendizaje Basado en Problemas en el Grado en Ingeniería Ambiental

*Implementation and outcome of a Problem-Based Learning proposal for an Environmental Engineering Bachelor*

Estibaliz Sáez de Cámara Oleaga  
Jenaro Guisasola Aranzabal  
Mikel Garmendia Mujika

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, España

### Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta de enseñanza-aprendizaje que ofrece a los estudiantes del nuevo Grado en Ingeniería Ambiental la posibilidad de adquirir conocimientos y habilidades necesarias para resolver problemas de esta rama de la Ingeniería. Dicha propuesta se ha implementado en el aula y se han analizado los resultados obtenidos, tanto en el rendimiento académico como en la actitud de los estudiantes hacia la asignatura *Geología y Edafología*.

Para diseñar la docencia se ha optado por el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), presentando a los alumnos un problema interdisciplinar complejo relacionado con su futura labor profesional. Concretamente, se les ha planteado el dilema sobre la conveniencia o no de construir un vertedero de residuos sólidos urbanos en diferentes terrenos. Para guiarles en la selección de la mejor alternativa se les ha proporcionado una serie de actividades a resolver de forma individual y en grupo.

Los resultados obtenidos indican, por un lado, que la propuesta desarrollada es una herramienta eficaz para mejorar el rendimiento académico y por otro, que favorece la implicación y motivación del alumnado hacia el aprendizaje. El 100% de los alumnos ha superado la asignatura, siendo la nota promedio un notable. El 93% ha valorado la experiencia como satisfactoria y el 73% opina que esta forma les ha ayudado a aprender *más* o *mucho más* que la enseñanza convencional. Además, este enfoque ha contribuido al desarrollo de competencias y habilidades de especial relevancia para su futura profesión.

**Palabras clave:** Ingeniería Ambiental; motivación, interdisciplinariedad; desarrollo de competencias; aprendizaje activo y cooperativo; problemas ambientales

## Abstract

This paper presents a teaching-learning proposal that offers to undergraduate students of the new environmental engineering degree program the acquisition of the knowledge and skills required to solve complex problems, quite usual on this engineering branch. This proposal was prepared for the *Geology and Pedology* course and we have analyzed the outcomes both in terms of academic achievement and in the student's attitude towards this course.

The teaching-learning design is based on the problem-based learning (PBL) method. At the beginning of the term, we introduced the students to a complex interdisciplinary problem closely related to their future professional practice. Particularly, students had to face a dilemma about the suitability of different sites to build a municipal solid waste landfill. To guide the students throughout the selection process for the best alternative, we provided them with a series of individual and group activities.

Our results reveal that our proposal is an effective method to improve the academic performance. Moreover, it also favours the involvement of the students and their motivation towards learning. All students passed the course and average score was outstanding (B). The experience was rated as satisfactory by 93% of them and 73% thought that this method assisted them to learn *more or much more* than with the conventional teaching-learning one. In addition, this approach has contributed to the development of competencies and skills highly relevant for their future professional performance.

**Key words:** Environmental Engineering; motivation; interdisciplinarity; skills development; active and cooperative learning; environmental concerns

## Introducción

La formación de los futuros profesionales en Ingeniería Ambiental que cuenten tanto con un conocimiento amplio de las bases científicas del Medio Ambiente como con una sólida formación en Ingeniería, supone un gran reto, debido principalmente a la naturaleza multidisciplinar de esta área de la Ingeniería. La Ingeniería Ambiental está relacionada con casi todas las ramas de la Ciencia (Matemáticas, Física, Química, Biología, Geología, Ecología y Toxicología) y de la Tecnología (Ingeniería Civil, Ingeniería de Minas, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química e Ingeniería Forestal) e incluso con disciplinas de las Ciencias Sociales (Economía, Derecho y Sociología) y Humanidades (Ética y Filosofía). Asimismo, debe tenerse en cuenta que se define por su fin último, el de reducir el impacto de las actividades del ser humano, más que por los elementos que usa para llegar a este fin. De esta forma, su enfoque debe ser necesariamente integral. Es necesario mencionar que, por ser un área relativamente reciente, es también una de las más cambiantes de la Ingeniería.

Diversos grupos de expertos, tales como *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET), *Environmental Engineering Body of Knowledge* (EEBOK) de la *American Academy of Environmental Engineers* (AAEE) y *Accreditation of European Engineering Programmes and Graduates* (EUR-ACE), coinciden en el compendio de características que deben poseer los graduados de la Ingeniería Ambiental: 1) contar con una visión amplia de las ciencias relacionadas con el Medio Ambiente y de las diversas especialidades de la Ingeniería; 2) ser capaces de integrar las perspectivas y los conocimientos de todas estas áreas y aplicarlos para dar una solución global a los

problemas ambientales; 3) estar preparados para utilizar estos conocimientos en problemas y contextos diferentes de los que se les presentan durante sus estudios.

Los planes de estudio de los Grados en Ingeniería, una herencia de la antigua división de las Ingenierías Superiores en dos ciclos de 2 ó 3 años de duración, están organizados de tal forma que los primeros dos cursos se centran en el conocimiento básico de las ciencias y de las ramas de la Ingeniería (característica 1), relegando su aplicación integrada (características 2 y 3) prácticamente a los dos últimos cursos y al Trabajo Fin de Grado [BOE, núm. 26, p.10782]. Además, por lo común, en muchas Escuelas y Facultades los primeros cursos se imparten de forma conjunta a los alumnos de diferentes Grados. Por ello, las aplicaciones que se plantean en las asignaturas para ilustrar los contenidos no siempre son próximas a su especialidad, pudiendo resultar poco estimulantes. La investigación en Enseñanza de la Ingeniería ha aportado evidencias de que este planteamiento deriva en las siguientes consecuencias: 1) desmotivación y una elevada tasa de abandono en los primeros cursos [CRUE, 2010; MEC, 2013] y 2) una habilidad insuficiente para detectar y analizar problemas complejos, así como para transferir lo aprendido a diferentes contextos. Esta última dificultad con saber aplicar el conocimiento reduce notablemente la garantía de que los egresados puedan afrontar con éxito su futura labor profesional [Lang, 1999; Markes, 2006].

Ante las deficiencias de una enseñanza universitaria basada en la separación entre el conocimiento y su aplicación [Abrahamson, 1997], diferentes universidades a nivel internacional, tales como *McMaster University* en Canadá, *Western Reserve University* en EEUU o como *Maastricht University* y *Aalborg University* en Europa, han desarrollado diseños alternativos de curriculum basados en la resolución de problemas y proyectos [Kolmos, 1996, 2004; Lee & Kwan, 1997; De Graaf & Kolmos, 2003; De Graaf & Christenesen, 2004; Kolmos *et al.*, 2006; Kuiper, Meijer & Moust, 2011]. Los nuevos planteamientos tienen como objetivo favorecer un aprendizaje activo y colaborativo que suministre oportunidades a los estudiantes para adquirir las habilidades propias de la profesión [Felder & Brent, 1994; Johnson, Jonhson & Smith, 2000; Felder & Dietz, 2002; De Graaf, 2004; Torre & Gil, 2004; Said *et al.*, 2005; De Miguel, 2006; Yániz, 2008; Curiel, 2010]. Concretamente, en el ámbito de la Ingeniería, a nivel europeo, fueron pioneras en su aplicación *Roskilde University* y *Aalborg University* (Dinamarca), *Twente University* (Países Bajos), *Universidade de Aveiro* (Portugal) y *University of Leicester* (Reino Unido). En España, destacan las iniciativas de la *Universitat Pompeu Fabra* y las de la *Escola Politècnica Superior de Castelldefels* de la *Universitat Politècnica de Catalunya*, entre otras. La Universidad del País Vasco/*Euskal Herriko Unibertsitatea* (UPV/EHU) también ha apostado por este tipo de diseños. De hecho, la educación activa es uno de los cuatro pilares de su modelo de enseñanza: el modelo de Enseñanza Cooperativo y Dinámico (en euskara, *Irakaskuntza Kooperatibo eta Dinamikoa*).

La investigación muestra evidencias de buenos resultados en los procesos de enseñanza-aprendizaje basados en las metodologías activas. Entre las ventajas del uso de este tipo de estrategias metodológicas, la investigación educativa destaca las siguientes: 1) aumento de la motivación, interés e implicación de los estudiantes, 2) reducción del tiempo de finalización de los estudios y menor tasa de abandono, 3) mayor habilidad en aplicar y retener los conocimientos adquiridos, 4) mayor desarrollo

de habilidades y competencias profesionales y 5) mejora en el establecimiento de conexiones entre la teoría y la aplicación, entre el conocimiento previo y el que se va aprendiendo y mayor integración de los conocimientos entre diferentes disciplinas [Major & Palmer, 2001; Kolmos, 2004; Hmelo-Silver, 2004; Gigbels *et al.*, 2005; Akinoglu & Tandogan, 2007; Lehmann *et al.*, 2008; Walker & Leary, 2009]. A la vista de estas ventajas y de la necesidad personal y social de mejorar la práctica docente, los autores nos planteamos el diseño y puesta en práctica de un método de enseñanza activo y cooperativo que facilitara a los estudiantes del Grado en Ingeniería Ambiental la adquisición de las tres competencias anteriormente mencionadas. Concretamente, nos planteamos las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo diseñar una enseñanza dirigida a que los estudiantes sean capaces de diagnosticar y resolver problemas ambientales?
- ¿Cómo aumentar su implicación y motivación?

El contexto y diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje realizado para contestar a estas preguntas se detalla en el siguiente apartado. El apartado 3 está dedicado a la evaluación y discusión de los resultados obtenidos en el curso académico 2011/12. En el último apartado, se sintetizan las conclusiones más relevantes de este estudio.

## **Diseño de la enseñanza: Aprendizaje Basado en Problemas**

### **Contexto**

El Grado en Ingeniería Ambiental (GIAMB) se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao (ETSI Bilbao) desde el curso académico 2011/12. El GIAMB, el primero y único de estas características ofertado en una Escuela de Ingeniería a nivel estatal, surgió de la necesidad de formar profesionales con una visión integral del Medio Ambiente, de las diversas formas de contaminación y de las soluciones y tratamientos aplicables que sean capaces de responder a las cada vez mayores exigencias ambientales que demandan la industria, la administración y el conjunto de la sociedad. El número máximo de alumnos que puede acceder a esta enseñanza de la rama de conocimiento Arquitectura-Ingeniería es de 40. Cabe señalar que el GIAMB se imparte de forma conjunta con el Grado en Tecnología Industrial y/o el Grado en Organización Industrial en las materias generales o de formación básica y de forma separada en el caso de las asignaturas específicas y en las optativas.

La asignatura escogida para llevar a cabo este estudio, *Geología y Edafología*, forma parte de este segundo grupo. Es una asignatura de tipo obligatorio y se imparte en el 2º cuatrimestre del 2º curso. Consta de una carga docente de 6 ECTS. Esta asignatura conforma junto con *Biología y Ecología* el módulo de Ciencias Naturales. Este módulo aporta un contenido científico más específico para un graduado cuya actividad profesional está ligada al sector ambiental. Las competencias específicas de este módulo (CM) recogidas en la memoria presentada por la ETSI Bilbao para la verificación de este título (*Ver Tabla 1*), reiteran la necesidad de que los alumnos adquieran la capacidad de analizar sistemas complejos e integrar los conocimientos de diferentes disciplinas (CM1) y de que, además de que adquieran conocimientos sobre

la litosfera, hidrosfera y sistema edáfico, sean competentes en la aplicación de este conocimiento (CM3). Aparte de las competencias de módulo, la asignatura incluye una competencia específica (CE) y dos competencias transversales (CT1 y CT2).

| <b>Código</b> | <b>Descripción de la Competencia</b>  |
|---------------|---|
| CM1           | Capacidad de interpretación del Medio Ambiente como un sistema complejo: identificación de los factores, procesos y las interacciones que configuran los distintos compartimentos medioambientales              |
| CM3           | Introducir al graduado en los aspectos fundamentales de la geología y morfología del terreno y su aplicación en problemas relacionados con la ingeniería  |
| CE            | Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones  |
| CT1           | Capacidad para identificar, medir, enunciar, analizar, diagnosticar y describir científica y técnicamente un problema ambiental, así como corregir o evitar tanto el problema como su impacto                   |
| CT2           | Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Ambiental |

Fuente: Memoria presentada por la ETSI Bilbao para la verificación del Grado en Ingeniería Ambiental

**Tabla n. 1.** Competencias de Módulo (CM) y Competencias Específicas (CE) y Transversales (CT) asignadas a la asignatura *Geología y Edafología*

Tras cursar la asignatura los alumnos deberán demostrar unos mínimos en los resultados indicados en la Tabla 2. Para ello, en esta asignatura se estudia la estructura y composición de la Tierra y los procesos y agentes que intervienen en su alteración (Bloque Temático *Geología*), la estructura, composición y propiedades de los suelos (Bloque Temático *Edafología*) y de la distribución, características y flujo del agua en los diferentes compartimentos ambientales (Bloque Temático *Hidrología*). Los contenidos están distribuidos en trece temas. Se detallan en la Tabla 3.

Por su situación curricular, *Geología y Edafología* se considera una asignatura llave. Se espera que, tras superarla, los alumnos dispongan de las competencias necesarias para seguir su proceso de aprendizaje en asignaturas aplicadas como *Geotecnia, estructuras y obras* o *Ciencia y Tecnología* y las optativas correspondientes a las líneas curriculares de *Residuos y Suelos (Caracterización Química y Biológica de Suelos)*, *Atmosfera y Ruido (Meteorología y Climatología Aplicadas)* y *Aguas (Hidrología aplicada)*. No obstante, es necesario destacar que precisa de los conocimientos previos estudiados en las materias básicas de 1.º y 2.º curso (*Física, Química, Mecánica de Fluidos y/o Ciencia de los Materiales*) y su organización coherente alrededor de los principios esenciales de la Ingeniería Ambiental. Esta situación, junto con las competencias establecidas, hace que sea ideal para la aplicación de una metodología de enseñanza-aprendizaje activa y responder a las preguntas planteadas en este estudio.

| <b>Código</b> | <b>Descripción del Resultado</b>   |
|---------------|--|
| R1            | Conocer que la geosfera es un sistema dinámico donde la interacción de procesos internos y externos conduce a la formación de materiales y desarrollo de estructuras |
| R2            | Conocer los materiales que constituyen la tierra y concepto de tiempo geológico  |
| R3            | Reconocer el suelo como un sistema dinámico resultado de la interacción de procesos donde se involucran elementos de la biosfera, geosfera y atmósfera               |
| R4            | Identificar los procesos edafogenéticos a través de las propiedades características de los suelos y conocer la clasificación sistemática de los suelos               |
| <b>R5</b>     | Conocer los fundamentos de estratigrafía y petrología sedimentaria   |
| <b>R6</b>     | Conocer y manejar conceptos esenciales de hidrometeorología e hidrología superficial   |
| <b>R7</b>     | Conocer los aspectos relativos al movimiento del agua en el subsuelo así como su exploración y captación   |

Fuente: Memoria presentada por la ETSI Bilbao para la verificación del Grado en Ingeniería Ambiental

**Tabla n. 2.** Resultados de aprendizaje (R) determinados para la asignatura *Geología y Edafología*

| <b>Código</b> | <b>Título del tema</b>   |
|---------------|--|
| T1            | Estructura interna y composición fisicoquímica de la Tierra            |
| T2            | Tectónica de Placas  |
| T3            | Materiales y estructuras de la corteza terrestre                       |
| T4            | Procesos geodinámicos internos   |
| T5            | Procesos geodinámicos externos   |
| <b>T6</b>     | <b>El suelo. Factores y procesos de formación</b>                      |
| <b>T7</b>     | <b>Constituyentes del suelo: fases sólida, líquida y gaseosa</b>       |
| <b>T8</b>     | <b>Propiedades físicas y químicas del suelo</b>                        |
| <b>T9</b>     | <b>Clasificación de los suelos</b>                                     |
| <b>T10</b>    | <b>Balances hídricos</b>   |
| <b>T11</b>    | <b>Hidrología de las aguas superficiales</b>                           |
| <b>T12</b>    | <b>Hidrología de las aguas subterráneas</b>                            |
| <b>T13</b>    | <b>Aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos: captaciones</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla n.3.** Currículum de la asignatura *Geología y Edafología*. Se indican en negrita los temas (T) para cuyo aprendizaje se ha empleado la metodología Aprendizaje Basado en Problemas

## Diseño

De entre las diversas metodologías activas, considerando el contexto y objetivos del estudio, se ha optado por el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Esta metodología es muy adecuada los primeros cursos y se ha demostrado que favorece la motivación y formación de graduados autónomos, prácticos e interdisciplinarios [Felder & Brent, 1994, 1997; Barrows, 1996; Major & Palmer, 2001; De Graaf & Kolmos, 2003; De Graaf & Christensen, 2004; Kolmos, 1996, 2004; Akinoglu & Tandogan, 2007; Crawley *et al.*, 2007; Lehmann *et al.*, 2008]. El diseño ABP se ha realizado exclusivamente para los bloques temáticos segundo (*Edafología*) y tercero (*Hidrología*), que representan aproximadamente dos tercios de la asignatura.

Ambos bloques siguen un enfoque de ABP que cumple con las características básicas de esta metodología: 1) Se utiliza un problema o escenario como punto inicial del aprendizaje; 2) Se trabajó en pequeños grupos de forma cooperativa; 3) El profesor/a guía a de forma flexible el aprendizaje de los estudiantes; 4) El número de clases magistrales es reducido; 5) Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje y 6) El plan se proporciona con suficiente tiempo para la reflexión individual y en grupo [Dolmans *et al.*, 1995; Hmelo-Silver, 2004].

El punto inicial del proceso de aprendizaje lo constituyó el problema cuyo párrafo de inicio se relata en la Figura 1. Consciente de que la selección del problema es una de las claves para el éxito del proceso ABP [Abrahamson, 1997; Major & Palmer, 2001; De Graaf & Kolmos, 2003], el conflicto planteado es el resultado de una profunda reflexión por parte del equipo docente. Su resultado, como puede comprobarse, es un problema que simula una situación real y próxima a la futura profesión de los estudiantes; además, es de gran actualidad. Según los criterios de Jonassen [1997], el problema podría clasificarse como complejo (por la gran cantidad de campos, variables y funciones implicadas), no estructurado (parte de la información es desconocida), con un grado de abstracción medio, interdisciplinario y abierto (puede resolverse empleando diferentes estrategias y sus soluciones son múltiples).

Este problema obliga a los alumnos, en su papel de técnicos ambientales, a enfrentarse a un conflicto de intereses ante la necesidad de construir un nuevo vertedero de residuos sólidos urbanos. Deberán analizar el problema desde diferentes perspectivas (ambiental, técnica, económica, legal y social), considerando todos los agentes implicados y posicionarse sobre la conveniencia de varios tipos de suelos y su entorno para esta actividad. Asimismo, se les solicita la elaboración de recomendaciones y/o soluciones técnicas para minimizar los riesgos asociados a este proyecto y un balance económico aproximado de los costes y beneficios de la solución planteada. Los resultados obtenidos deberán sintetizarlos en un informe técnico y presentarlos en el ayuntamiento.

Siguiendo los consejos de expertos en ABP [De Graaf & Kolmos, 2003; Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006; Borrego & Newswander, 2007] para garantizar el éxito de la aplicación del ABP en grupos de estudiantes sin experiencia previa en esta metodología, se diseñó una estrategia de enseñanza-aprendizaje con una serie de subproblemas o problemas parciales que orientan a los estudiantes en su resolución progresiva (*Ver Figura 2*). Estas preguntas son una guía que les ayuda a identificar el

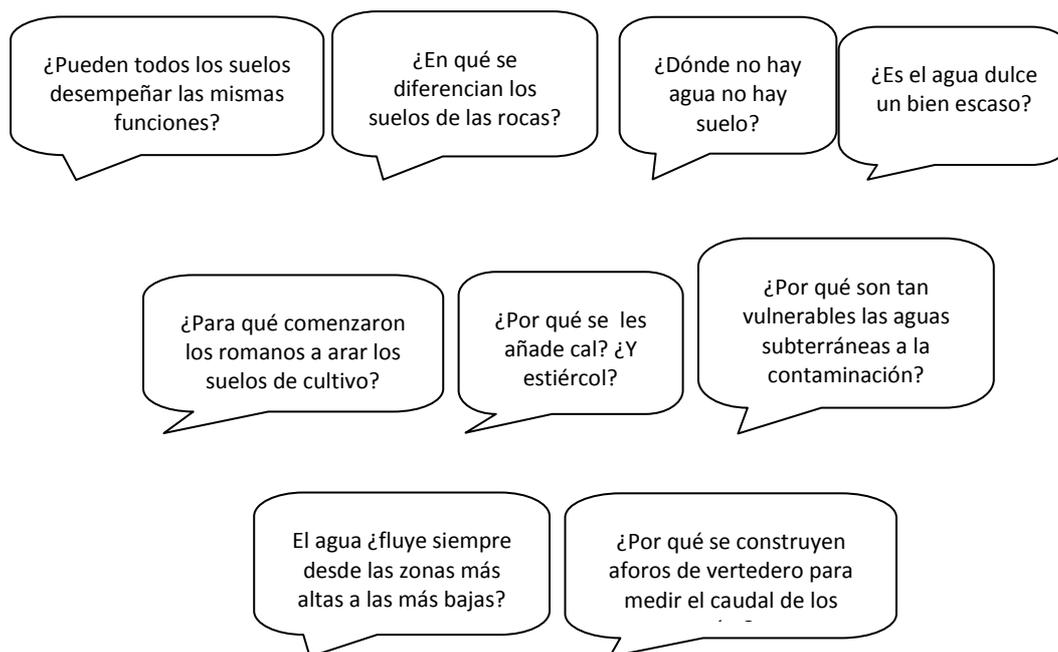
conocimiento que poseen y las limitaciones de éste, minimizando las divagaciones y alentando el recorrido en la dirección correcta. Esta estrategia constituye lo que Vygotsky (1987) denominó con la metáfora del *andamiaje (scaffolding)*, esto es, la intervención efectiva puntual de un compañero, un tutor o una persona experta en momentos específicos del proceso de aprendizaje de otra. Recibe este nombre, semejándolo a los andamios utilizados en construcción, ya que ofrece apoyo y una guía hacia el logro de los objetivos de aprendizaje, es ajustable (se adapta al nivel de competencia del sujeto menos experto y a los progresos que se produzcan) y temporal (uso limitado a momentos seleccionados) para favorecer el desarrollo de la autonomía.

Maite Lizarreta es graduada en Ingeniería Ambiental y asesora del Ayuntamiento desde hace 5 años. En esta zona, en los últimos diez años, tanto la población como la tasa de producción de residuos urbanos han crecido exponencialmente, de forma que el antiguo vertedero de *Buztinalde* está agotando su vida útil y deberá ser clausurado antes del tiempo esperado. El ayuntamiento está considerando la opción de localizar un nuevo vertedero en el campo de *Paguragoia*. Sin embargo, los vecinos del terreno están alarmados por las repercusiones ambientales que puede tener esta decisión y esgrimen que las características del suelo de la zona lo hacen inservible como terreno para el almacenamiento de residuos.

El ayuntamiento se reúne en sesión plenaria para analizar el tema junto con los vecinos. La decisión final es encargarle a la asesora Lizarreta la realización de un estudio que disponga la viabilidad técnica, legal, social y económica de construir el vertedero sobre el suelo de *Paduragoia*. Para ello, a Maite le ofrecen el acceso a toda la información disponible que atañe a esta cuestión así como los medios necesarios para analizar los constituyentes del suelo, sus propiedades y comportamiento.

Dispone de tres meses para elaborar un documento-síntesis del estudio, que será presentado en el pleno municipal de la primera quincena de mayo. En caso de que la construcción fuera viable, el informe deberá contemplar las medidas de protección necesarias.

**Figura n. 1.** Problema estructurante. Para plantear una solución, tienen que integrar y aplicar tanto los conocimientos y habilidades adquiridos en el 1.º y 2.º curso como los nuevos conocimientos que adquieran en la asignatura *Geología y Edafología*, aprendiendo así de forma reflexiva y crítica



**Figura n. 2.** Parte de los problemas parciales en los que se ha dividido el problema estructurante

Igualmente, se han diseñado, seleccionado y organizado un conjunto de actividades asociadas a estos subproblemas. Cabe destacar que estas actividades son flexibles y que podrían ser empleadas como guía para resolver una amplia variedad de circunstancias y situaciones relacionadas con los suelos, la hidrosfera y/o las tecnologías ambientales. Incluyen actividades de una tipología muy diversa (pre-test, realización de mapas conceptuales, resolución de problemas numéricos, análisis de documentos, debates, seminarios y prácticas de laboratorio), que se han seleccionado de forma explícita e intencionada para obtener beneficios de la potencialidad de cada una de ellas para desarrollar las diferentes competencias y atender a la diversidad de estudiantes. Las actividades correspondientes al segundo bloque temático junto con las notas de enseñanza están publicadas y disponibles *IKD baliabideak*, el centro digital de recursos y materiales didácticos de la UPV/EHU (<http://ehu.es/es/web/ikdbaliabideak>).

Estas actividades son tanto presenciales como no presenciales. Se propone su realización tanto de forma individual como en grupo para desarrollar las habilidades relacionadas con cada una de estas dos modalidades, esto es, crear hábitos de trabajo personales, pero a su vez mejorar la gestión del trabajo en equipo y beneficiarse de las ventajas del aprendizaje cooperativo. Siguiendo las recomendaciones de Oakley *et al.* [2004], que aconseja que el número óptimo de componentes se sitúe entre 3 y 5, los alumnos se han agrupado en grupos reducidos de entre 3 y 4 alumnos.

## Implementación

La implementación del diseño planificado se llevó a cabo entre marzo y mayo de 2012. Abarcó nueve semanas en las que se celebraron veintitrés sesiones presenciales de duración variable -entre 1 y 2 horas- tanto en el aula como en el laboratorio. El modo y plan de trabajo fueron los siguientes:

- En la primera sesión del bloque temático *Edafología*, sin preámbulos, se presentó el problema (*Ver Figura 1*) y el contrato didáctico a los alumnos. Se les solicitó que crearan grupos de trabajo para la búsqueda de una solución viable al problema presentado. Éstos cumplieron un acta de constitución y una cláusula de compromiso en la que figuraban sus expectativas y las reglas de comportamiento del grupo. Además de estas actas, los estudiantes respondieron a un pre-test de conocimientos en *Edafología* e *Hidrología*, sobre habilidades y competencias generales y su perspectiva sobre diversos aspectos de estos dos bloques temáticos.
- En las siguientes sesiones presenciales los grupos de alumnos se centraron en la identificación de las necesidades de aprendizaje (*¿Qué debemos resolver? ¿Qué datos necesitamos? ¿Qué sabemos? ¿Qué debemos aprender?*) y la realización de las actividades programadas para facilitarles la adquisición del conjunto de conocimientos, habilidades, procedimientos y actitudes a adquirir para resolver el problema. En la Tabla 4 se muestran dos de estas actividades.

La mayor parte de las actividades comienzan con una lectura individual de los problemas, seguida de una etapa de búsqueda de información para la comprensión y análisis de los mismos, una fase central de reflexión y planteamiento de soluciones, finalizando con la puesta en común en pequeños grupos o en sesión plenaria. Este plan favorece la implicación de los alumnos en el proceso de aprendizaje, la autonomía y el desarrollo de una actitud reflexiva y a su vez la detección de preconcepciones y/o errores de concepto por parte del equipo docente. A modo ejemplo, en la actividad A2 los alumnos trabajaron cooperativamente en la elaboración del listado de funciones que puede desempeñar un suelo a partir de las fotografías e imágenes aportadas por cada uno de ellos (apartado a), este hecho les motivó y además les facilitó la resolución de los apartados sucesivos. Sin embargo, en la puesta en común el profesor detectó que los alumnos no habían concebido completamente las compatibilidades e incompatibilidades entre los diferentes usos y les guió para que las visualizaran: todos coincidieron en que el uso de un suelo como soporte de viviendas y/o carreteras impide gran parte de sus funciones ecológicas (por ejemplo, la regulación del ciclo hidrológico) pero inicialmente no mencionaron compatibilidades entre funciones naturales y actividades humanas (por ejemplo, producción de biomasa y obtención de electricidad a partir de energía eólica).

Paralelamente, a lo largo de todo el proceso, en entrevistas tanto formales como informales, el equipo docente indagó tanto las alternativas estudiadas por cada uno de los grupos como la solución seleccionada. Esto nos permitió detectar dudas y desviaciones en el enfoque o contexto así como

redirigir el planteamiento y hoja de ruta de algunos de los grupos para que alcanzaran los resultados deseados.

- El proceso finalizó con una sesión plenaria en la que los alumnos presentaron un informe técnico escrito y expusieron oralmente la solución propuesta. A cada una de las presentaciones siguió un turno de preguntas y/o sugerencias y, al finalizar todas ellas se debatieron las ventajas y limitaciones de las soluciones planteadas por cada uno de los grupos desde una perspectiva integral (técnica, económica, social y ambiental). Además, en esta última sesión, se solicitó a los alumnos que cumplimentaran el post-test de conocimientos en *Edafología* e *Hidrología*, sobre la evolución estimada habilidades y competencias generales, así como una encuesta de satisfacción sobre el grado de cumplimiento de las expectativas y su opinión sobre la metodología empleada.

| <b>A2. El suelo como elemento multifuncional</b>  | <b>A28. Capacidad de Intercambio Catiónico</b>   |
|---|--|
| <p>(En la sesión anterior se pidió a los alumnos que trajeran una fotografía o dibujo en el que apareciera un suelo)</p> <p>Observa las siguientes imágenes y responde a las siguientes cuestiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Qué función desempeña el suelo en cada una de las imágenes? ¿Añadirías alguna función más?</li> <li>¿Qué características de los suelos pueden estar condicionando estas funciones? ¿Pueden todos los suelos desempeñar las mismas funciones?</li> <li>¿Es posible que un suelo desempeñe simultáneamente varias funciones?</li> <li>¿Cuáles de estas funciones son compatibles e incompatibles con un vertedero de Residuos Sólidos Urbanos?</li> </ol> | <p>Los análisis llevados a cabo en el laboratorio de las muestras recogidas en dos suelos de la zona de Paduragoia revelan los siguientes resultados:</p> <p><i>Muestra A</i> 60% arcilla, 3% materia orgánica<br/>CIC = 76 <math>\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}</math></p> <p><i>Muestra b</i> 60% arcilla, 2% materia orgánica y<br/>CIC = 30 <math>\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar el tipo de arcilla predominante en cada uno de los suelos</li> <li>Calcular para cada una de las muestras la cantidad máxima de níquel (en kg) que podría retener por hectárea un horizonte de 27 cm de espesor. Su densidad aparente es 1350 <math>\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}</math></li> <li>En caso de que se produjera una fuga accidental de los lixiviados generados en el vertedero ¿cuál de los dos suelos amortiguaría el riesgo de contaminación de los acuíferos por metales pesados?</li> </ol> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla n. 4.** Dos de las actividades planteadas para orientar a los alumnos en la resolución del problema estructurante

Cabe señalar que si bien el diseño se realizó para 40 alumnos, la elevada tasa de abandono (> 40%) y el número de suspensos en las asignaturas del 1.º curso redujeron el tamaño del grupo en más de un 50%. Concretamente, en la resolución del problema participaron 14 de los 16 alumnos matriculados.

## Evaluación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje. Resultados.

El diseño y la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje se han evaluado a través de dos aspectos. Por un lado, se ha analizado la influencia de la metodología ABP en el grado de consecución de los resultados de aprendizaje (*¿Han adquirido la capacidad de resolver problemas ambientales?*) y, por otro lado, en el grado de satisfacción de los alumnos con la metodología (*¿Están más motivados para aprender?*). En los siguientes apartados se exponen los instrumentos empleados para evaluar cada uno de estos aspectos así como los resultados obtenidos.

### Evaluación de las competencias adquiridas

Se han utilizado varios instrumentos de evaluación: un pre-test y post-test, encuesta de los alumnos sobre su progresión en el dominio de determinadas competencias, actividades realizadas, memoria de las prácticas de laboratorio, informe final con resolución del problema estructurante y una prueba escrita final. Los datos más relevantes de cara a la evaluación de la influencia de la innovación sobre los resultados se detallan en las Tablas 5 y 6.

| <i>Calificación</i>    | <i>Actividades</i> | <i>Prueba escrita</i> | <i>Calificación final</i> |
|------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|
|                        | <i>n</i>           | <i>n</i>              | <i>n</i>                  |
| No presentados         | 2                  | 2                     | 2                         |
| Suspenso               | 0                  | 3                     | 2                         |
| Aprobado (5-6)         | 1                  | 0                     | 1                         |
| Bien (6-7)             | 4                  | 4                     | 3                         |
| Notable (7-8.5)        | 7                  | 7                     | 6                         |
| Sobresaliente (8.5-10) | 2                  | 0                     | 2                         |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla n. 5.** Distribución del número de alumnos (n, siendo n total=16) por las calificaciones obtenidas en las actividades, la prueba escrita final y calificación final. Dos de los alumnos no asistieron nunca a clase ni se presentaron a la prueba final

| Actividad | Código | Indicador de aprendizaje   | Asimilación |   |   |
|-----------|--------|--|-------------|---|---|
|           |        |  | 1           | 2 | 3 |
| A2        | I2-1   | Comprende el concepto de suelo desde diferentes perspectivas                                     | 1           | 8 | 5 |
|           | I2-2   | Percibe que el suelo puede desempeñar múltiples funciones, algunas incompatibles                 | 1           | 9 | 4 |
| A28       | I28-1  | Describe las propiedades físico-químicas y sus métodos de evaluación                             | 2           | 7 | 5 |
|           | I28-2  | Realiza cálculos de propiedades físico-químicas e interpreta los resultados                      | 2           | 6 | 6 |
|           | I28-3  | Explica y cuantifica el efecto de alteraciones en las propiedades en el comportamiento del suelo | 3           | 7 | 4 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla n. 6.** Número de alumnos (n, siendo n total =14) por nivel de consecución de los indicadores de aprendizaje en las actividades mostradas como ejemplo en la Tabla 4, donde 1 equivale a *no asimila*, 2 *asimila suficientemente* y 3 *asimila notablemente*

El seguimiento de la asignatura ha sido muy elevado. La asistencia de los alumnos al aula fue del 85-90% y absoluta (100%) en el caso del laboratorio y en la entrega de actividades e informes del 95%. Los resultados obtenidos en las actividades, que suponen dos puntos sobre la nota final, son muy satisfactorios. La calificación de todos los alumnos supera el 5 y un 40% tiene una nota superior a un 7, siendo la nota promedio de las actividades de los tres bloques temáticos de 7.1 (*Ver primera columna de la IV*). En la Tabla 6 se muestra el nivel alcanzado en los resultados de aprendizaje asociados a las dos actividades descritas a modo de ejemplo en el segundo apartado. Más del 79% ha asimilado suficiente o notablemente los contenidos. La distribución entre la asimilación suficiente o notable varía en función de la complejidad: los mejores resultados corresponden a los de conocimiento y comprensión (I2-1, I2-2 e I28-1), siendo ligeramente inferiores, pero igualmente, muy satisfactorios, los que incumben análisis y aplicación (I28-2 e I28-3). Estos resultados ponen en evidencia que los alumnos han adquirido no solo los conocimientos teóricos sino también la capacidad de establecer conexiones entre éstos y sus aplicaciones y emplearlos para resolver situaciones similares a las que se pueden presentar en el ejercicio de su vida profesional.

Ha asistido al examen final el 100% de los estudiantes que han acudido habitualmente a clase y que han entregado las actividades e informes. El 86% de los alumnos presentados ha superado la prueba escrita final en la convocatoria ordinaria (*Ver segunda columna de la Tabla 5*) Dos tercios de este grupo de alumnos han obtenido un notable (8 alumnos con calificación  $\geq 7$ ), siendo la nota promedio de los alumnos que han superado la asignatura 7.4.

Resulta interesante la comparativa de los resultados obtenidos en la prueba final entre los bloques diseñados de acuerdo a la metodología ABP (*Edafología e Hidrología*) y el bloque temático desarrollado de acuerdo a la metodología convencional (*Geología*). Puede advertirse la mejora del rendimiento académico obtenida con esta metodología: las calificaciones obtenidas en los bloques temáticos desarrollados de acuerdo a la metodología (7.38 y 7.56) han sido superiores a la obtenida en la parte desarrollada de acuerdo a la metodología convencional (6.76). Asimismo, la moda o calificación más frecuente es creciente con el tiempo: el 70% de los alumnos ha obtenido una calificación superior a 7 en los bloques ABP, mientras que este porcentaje se reduce al 50% en el caso de *Geología*. Al mismo tiempo, los alumnos que no han superado el examen final han aprobado los bloques temáticos desarrollados con el enfoque innovador.

La calificación más alta corresponde al último bloque de la asignatura: la calificación más frecuente se sitúa entre 9 y 10 y la nota promedio es un notable (7.56) en el caso de *Hidrología*. Esta tendencia creciente en las calificaciones con el tiempo corrobora la impresión apreciada por el equipo docente a lo largo del cuatrimestre: la etapa de mayor productividad ha sido la última, ya que los alumnos necesitan cierto tiempo para adaptarse a la metodología y beneficiarse de la misma.

La tasa de éxito de la asignatura, esto es, el porcentaje de aprobados sobre los presentados, es del 86% (*Ver tercera columna de la Tabla 5*). Ésta es muy elevada respecto a la media de este Grado, que fue del 49% en el caso de las asignaturas de 1.º en el curso académico 2010/2011, y respecto al promedio estatal en los Grados de Ingeniería y Arquitectura [CRUE, 2010]. Además, los alumnos que no superaron la asignatura en la convocatoria ordinaria lo hicieron en la extraordinaria, siendo la tasa de éxito final la máxima posible (100%).

La Tabla 7 recoge los resultados de las encuestas de opinión realizadas a los estudiantes sobre su dominio de diversas habilidades antes y después de cursar la asignatura. Estos resultados demuestran que:

- Se ha producido un aumento de casi un punto en casi todas las habilidades contempladas en la encuesta. Consideran que esta metodología les ha ayudado, principalmente, en el desarrollo de *Diagnóstico de problemas ambientales* (el aspecto que más potencial de mejora tenía), en la *Elaboración de informes técnicos* y en la *Capacidad de aprender por sí mismo* (uno de los que menos potencial de mejora tenía pero quizá su nivel no era tan alto como consideraban). La menor mejora corresponde a *Gestión eficaz del tiempo de estudio* y el *Trabajo en equipo*, que ya tenía un buen nivel anteriormente.
- Además, es de destacar que, antes de cursarla consideraban esta asignatura útil para su futura labor profesional, especialmente para la toma de decisiones en proyectos de obra civil. Tras cursar la misma, la consideran entre importante y muy importante y la relacionan con muchas otras atribuciones profesionales: gestión de recursos hídricos, tecnologías de tratamiento de residuos, descontaminación, biomonitorización, etc. Otra prueba de la cognición de la interdisciplinariedad de los problemas ambientales es que antes de cursarla relacionaban la *Geología y Edafología* con entre 3 y 4 disciplinas como promedio, mientras que tras cursarla la relacionan con entre 5 y 6.

| Competencia                          | antes |   |   |   |   | promedio | después       |
|--------------------------------------|-------|---|---|---|---|----------|---------------|
|                                      | nivel |   |   |   |   |          | variación     |
|                                      | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 |          |               |
| Búsqueda y análisis de información   | 0     | 0 | 4 | 6 | 4 | 4,0      | + 0,93        |
| Gestión eficaz del tiempo de estudio | 0     | 1 | 5 | 3 | 5 | 3,9      | + 0,36        |
| Capacidad aprender por si mismo      | 0     | 0 | 2 | 4 | 8 | 4,4      | <b>+ 1,14</b> |
| Diagnóstico de problemas ambientales | 2     | 4 | 2 | 5 | 1 | 2,9      | <b>+ 1,64</b> |
| Trabajo en equipo                    | 0     | 0 | 3 | 6 | 5 | 4,1      | + 0,40        |
| Argumentación y análisis crítico     | 1     | 2 | 4 | 5 | 2 | 3,4      | + 0,86        |
| Comunicación oral                    | 0     | 1 | 8 | 3 | 2 | 3,4      | + 0,79        |
| Elaboración de informes técnicos     | 2     | 3 | 3 | 5 | 1 | 3,0      | <b>+ 1,43</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla n. 7.** Resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los alumnos sobre habilidades y competencias: número de alumnos por nivel (n) desde el nivel 1 (muy bajo) al nivel 5 (muy alto) antes, nivel promedio de la competencia y variación del nivel después de la experiencia ABP. Se han destacado en negrita las competencias en las que se han producido los mayores cambios.

Al tratarse de una asignatura nueva implantada con el nuevo Grado en Ingeniería Ambiental, no es posible comparar los resultados con los obtenidos en años anteriores. Tampoco con los obtenidos en otro grupo, ya que actualmente se imparte en un único grupo. Actualmente, los únicos datos oficiales de los que se dispone son la nota promedio del alumno con el mejor expediente en el 1.º curso, que es ligeramente superior a un seis y medio, y las tasas de rendimiento y de éxito, que son del 28% y del 49%, en este orden. A la vista de estos datos, podemos afirmar que los resultados obtenidos en esta asignatura (con una nota promedio de casi siete y medio, tasa de rendimiento del 87.5% y tasa de éxito del 100%) son muy satisfactorios.

### Evaluación del grado de satisfacción con la metodología de enseñanza

Los instrumentos empleados para evaluar este aspecto incluyen las encuestas o cuestionarios de evaluación, las entrevistas informales, la asistencia a clase y la participación, tanto en el aula como en los foros de discusión de la plataforma virtual.

Al final del cuatrimestre se administró a los alumnos un **cuestionario de evaluación** para conocer la opinión de los estudiantes sobre la metodología empleada. Esta encuesta está compuesta por dieciocho ítems de respuesta cerrada (escala Likert) sobre diversos aspectos de la metodología implementada y varias preguntas de respuesta abierta en las que se les pedía que argumentaran su postura. Este

cuestionario fue cumplimentado por todos los alumnos que asistían habitualmente a clase (n=14). Los resultados principales se muestran en la Figura 3 y en la Tabla 8.

- El ABP ha resultado una experiencia positiva para el conjunto de participantes. Casi todos (13/14) han valorado esta experiencia como bastante satisfactoria y la gran mayoría (10/14) piensa que les ha ayudado a aprender más (Ver Figuras 3-a y 3-b). Por otro lado, 3/14 consideran que se han visto perjudicados por la metodología empleada o que ésta no les ha ayudado. Ningún alumno ha valorado como muy satisfactoria o como nada satisfactoria.
- La mayor parte de los comentarios son positivos y casi tres cuartas partes reconocen haber aprendido más. A juzgar por los comentarios de los alumnos (*"El modo de dar las clases me ha gustado más porque hemos podido tomar parte todos, dar nuestras opiniones, preguntar... y al final retienes más información que en las clases teóricas donde solo escuchas"*, *"Las clases son más amenas y se desarrollan los conceptos llevándolos a la práctica, lo que permite conocer su verdadera aplicación"*, *"Me ha gustado porque es muy interesante empezar a leer y buscar sin saber qué va a ser el producto final"* o *"Las preguntas te hacen pensar y te acuerdas mejor"*) se ha logrado una mayor motivación y varias de las ventajas del ABP ya evidenciadas por otros autores: establecimiento de relación entre los conceptos teóricos y la práctica, mayor retención de lo aprendido, una visión integrada de los problemas, etc.
- La metodología les ha ayudado mucho a mejorar las capacidades de trabajo en equipo (6/14 alumnos), desarrollar autonomía para aprender (4/14) y comprender los contenidos teóricos (4/14); y les ha ayudado bastante a analizar situaciones de la práctica profesional (11/14), desarrollar habilidades de comunicación (11/14), tomar una actitud participativa respecto al aprendizaje (11/14) y desarrollar competencias para la práctica profesional (10/14), entre otras. Además, cabe destacar que el ABP les ha ayudado bastante o mucho a más del 57% de los alumnos en todos los aspectos incluidos en la encuesta (Ver Tabla 8).
- No obstante, si los alumnos encuestados pudieran elegir el curso que viene entre esta metodología y la convencional, cuatro de los catorce alumnos optaría por la segunda (Ver Figura 3-c). Entre los aspectos poco satisfactorios de la metodología los alumnos encuestados destacan: 1) la carga de trabajo extra tanto presencial como no presencial requerida por esta metodología respecto a la metodología convencional y 2) la disconformidad entre el porcentaje de la nota que corresponde a las actividades realizadas durante el curso respecto a las horas de trabajo invertidas en la realización de las mismas (Ver Figura 3-d). Casi todos los alumnos coinciden en que *no les compensa* (*"La carga de trabajo es excesiva para lo que cuenta en la nota final"*, *"No entiendo por qué tenemos que defender el proyecto y además pasar un examen"*). Los comentarios relativos a estos dos aspectos podrían explicar por qué una parte de los alumnos que han valorado la experiencia como satisfactoria y afirman haber aprendido más, no optaría por esta metodología.

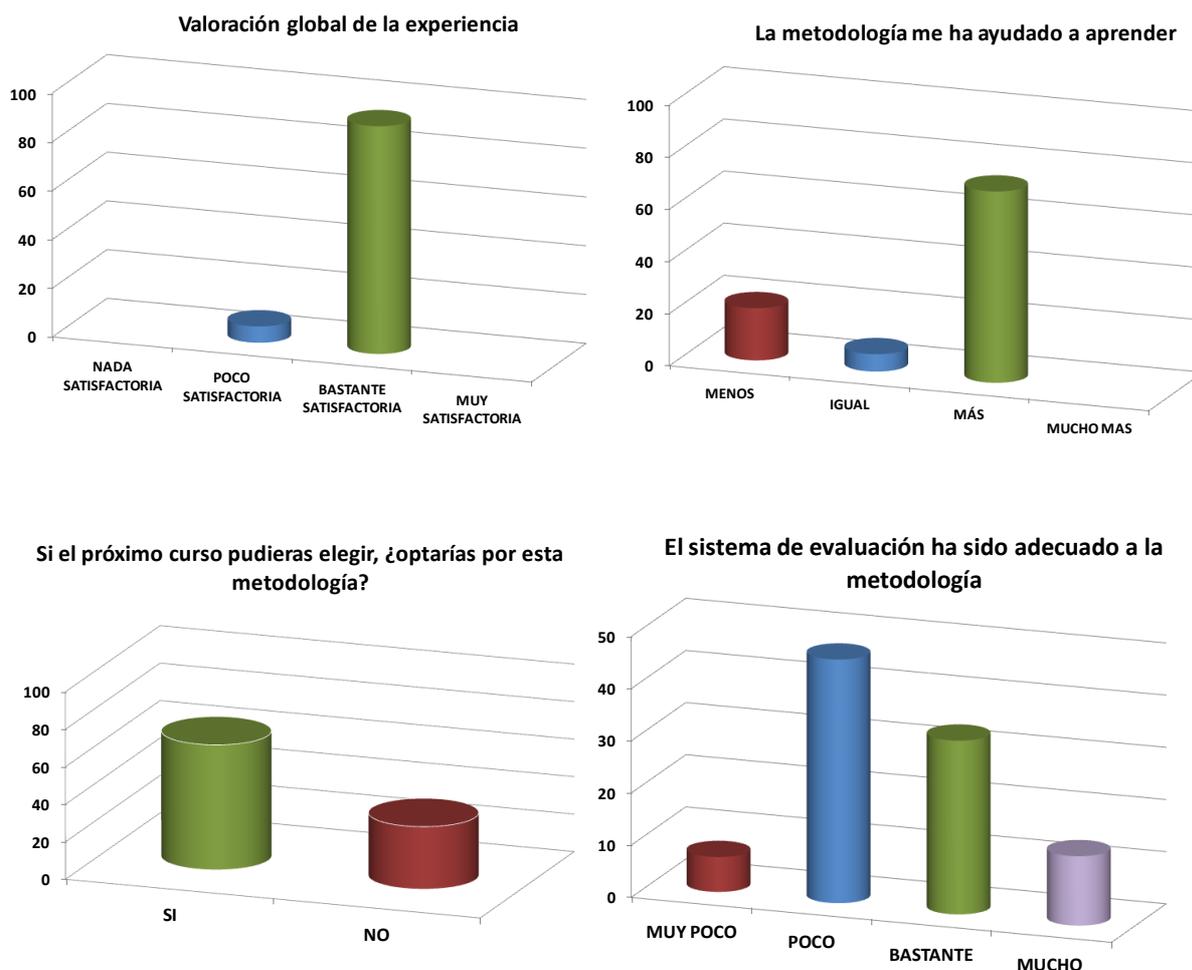


Figura n. 3. Resultados obtenidos sobre diversos aspectos de la metodología en las encuestas realizadas a los estudiantes

| <i>Esta metodología me ha ayudado a ...</i>                               | <i>1 muy poco</i> | <i>2 poco</i> | <i>3 bastante</i> | <i>4 mucho</i> |
|---|-------------------|---------------|-------------------|----------------|
| Comprender contenidos teóricos  | 0                 | 2             | 8                 | 4              |
| Establecer relaciones entre la teoría y la práctica                       | 0                 | 3             | 8                 | 3              |
| Relacionar los contenidos de la asignatura y obtener una visión integrada | 0                 | 3             | 8                 | 3              |
| Aumentar el interés y la motivación por la asignatura                     | 1                 | 5             | 6                 | 2              |
| Analizar situaciones de la práctica profesional                           | 0                 | 1             | 11                | 2              |
| Indagar por mi cuenta en torno al trabajo planteado                       | 1                 | 1             | 9                 | 3              |
| Tomar decisiones en torno a una situación real                            | 0                 | 6             | 7                 | 1              |
| Resolver problemas u ofrecer soluciones a situaciones reales              | 0                 | 4             | 8                 | 2              |
| Desarrollar las habilidades de comunicación                               | 0                 | 2             | 11                | 1              |
| Desarrollar autonomía para aprender                                       | 0                 | 1             | 9                 | 4              |

|  |   |   |    |   |
|--|---|---|----|---|
| Tomar una actitud participativa respecto al aprendizaje          | 0 | 1 | 11 | 2 |
| Mejorar las capacidades de trabajo en grupo                      | 0 | 1 | 7  | 6 |
| Desarrollar competencias necesarias para la práctica profesional | 0 | 3 | 10 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla n. 8.** Resultados de las encuestas sobre la percepción de los estudiantes en torno a la contribución del enfoque ABP en las diversas habilidades y competencias. Se muestra número de alumnos por nivel, que varía entre 1 (*me ha ayudado muy poco*) 4 (*me ha ayudado mucho*)

En las **entrevistas informales** con los alumnos en el aula, laboratorio, tutorías, etc aprecié una evolución positiva en su percepción sobre el nuevo enfoque metodológico. En las primeras sesiones un pequeño porcentaje de alumnos se mostró escéptico ante el cambio, mostrando cierta resistencia para realizar las actividades y esperando a que el profesor expusiera los conceptos y soluciones. Al ver que eso no ocurría, comenzaron a involucrarse en las actividades, a darse cuenta de sus pequeños logros y esto les motivó e hizo tomar conciencia de que pueden avanzar y aprender de forma autónoma. Por otro lado, en los alumnos con mejores calificaciones percibí cierta ansiedad y desconfianza. Me confesaron que sentían que la nueva forma de trabajar y la nueva metodología, a diferencia de la convencional, no tenía una estructura definida y que, además, el hecho de no disponer de apuntes les creaba inseguridad y les daba la sensación de *estar perdidos*. Tras superar estas dificultades iniciales, de duración variable para cada alumno, todos se involucraron en las actividades, comenzaron a auto-organizar su trabajo y, en definitiva, a tomar progresivamente el mando de su aprendizaje. La etapa final fue muy productiva. En las últimas semanas los grupos maduraron, ganaron seguridad, independencia y *funcionaron* casi sin mi presencia. Esta apreciación coincide con la observada por otros colegas que han implementado metodologías activas en grupos de alumnos sin experiencia previa en las mismas.

El **ambiente** en clase y el **funcionamiento de los grupos** ha sido muy bueno. Aunque con personalidades y habilidades diferentes, no se han producido conflictos entre los alumnos, y puesto que nadie ha manifestado lo contrario, los componentes de los subgrupos han contribuido igualmente a la realización de las actividades e informes. Además, se han observado numerosas muestras de cooperativismo dentro de y entre los grupos.

En relación a la **participación en el aula** y en **los foros virtuales** cabe destacar que ha sido mayor de lo habitual en grupos de estas características. El mentor del Programa de Formación en Metodologías Activas ERAGIN asistió a una de las sesiones y le sorprendió el buen ambiente de trabajo, la elevada participación de los alumnos (contabilizó una intervención por minuto), su predisposición para la realización de las actividades y su actitud tan natural o espontánea.

## Discusión

Esta experiencia ha aportado evidencias de que el Aprendizaje Basado en Problemas aplicado a la asignatura *Geología y Edafología* de 2.º curso del GIAMB presenta las características que se citan a continuación:

- El ABP ha ejercido un efecto positivo en los resultados de aprendizaje tanto relativos a los contenidos propios de la asignatura como a los asociados con su aplicación para la resolución de problemas ambientales: las calificaciones obtenidas en las actividades y ejercicios de la prueba final de conocimientos teóricos son muy buenos y los de aplicación de estos conocimientos son entre muy buenos y excelentes. Estos resultados son contrarios a la hipótesis de los escépticos del ABP que afirman que, aunque esta metodología produce resultados similares o mejores en la aplicación del conocimiento, los de adquisición del conocimiento son menores que los que se obtienen con las metodologías convencionales [Prince, 2004]. Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos en estudios similares [Hmelo-Silver, 2004; Gijbels *et al.*, 2005], que también han mostrado mejoras tanto en la adquisición de conocimientos como en el desarrollo de otras actitudes y habilidades efectivas para la resolución de problemas ya que el conocimiento de las variables que intervienen y sus características porque es un pre-requisito necesario para resolver un problema [Brockbank & McGill, 2002]. Además, este enfoque metodológico lleva a un mejor entendimiento de las materias y a una solución más robusta. Esta afirmación está apoyada en los resultados de aprendizaje, el tipo de preguntas y/o dudas planteadas en el aula o tutorías y por los comentarios de las encuestas de opinión.
- El modo de trabajo del ABP también ha favorecido un aprendizaje autónomo, reflexivo y crítico, que es necesario para su vida profesional. Los alumnos han logrado una comprensión compleja analítica y habilidades de aprendizaje continuo y auto-dirigido (pensamiento crítico, razonamiento, reflexión, etc) que difícilmente podrían desarrollar mediante las clases magistrales. Prueba de ello es que todos los grupos han hallado una solución factible y justificada a un problema complejo avalada por datos de diversas fuentes y un extenso listado de referencias bibliográficas.
- De esta serie de competencias, en los estudios de Ingeniería Ambiental recibe especial importancia la habilidad de integrar conocimientos de diferentes disciplinas. La interdisciplinariedad, a diferencia de la multidisciplinariedad, implica la comprensión y combinación de los contenidos de disciplinas variadas para detectar problemas y hallar soluciones [O'Brien, Soibelman & Elvin, 2003; Borrego & Newswander, 2007].

Las diversas fases del aprendizaje basado en problemas complejos han favorecido que los alumnos sean capaces de reconocer el valor y las contribuciones de disciplinas técnicas y no técnicas a la solución de los problemas. Al final del proceso todos relacionan la Geología y la Edafología con un número más elevado de asignaturas (5-6), con lo que queda comprobado que el ABP es una herramienta efectiva para que los alumnos superen la

barrera o *egocentrismo disciplinario* que caracteriza a los recién titulados. Los resultados obtenidos con esta aproximación innovadora en este y otros estudios similares [Lehmann *et al.*, 2008; Ritcher & Paretti, 2009] representan un importante avance para la mejora de los estudios de Ingeniería en general, y para los de Ingeniería Ambiental en particular.

- El aprendizaje mediante problemas ha resultado una experiencia positiva para el conjunto de los participantes. El alumnado se ha implicado activamente en el proceso de aprendizaje y ha aumentado su interés y motivación por la asignatura. Este mayor interés y motivación se refleja en el excelente ambiente de trabajo, la elevada asistencia a clase (cercana al 100%) y en la participación tanto en el aula como en los foros virtuales. A diferencia de lo habitual, el objetivo prioritario de gran parte de los alumnos no fue únicamente superar la asignatura (las dudas dejaron de girar en torno a la prueba escrita final) sino que se combinó con el querer aprender (solicitaron aclaraciones sobre temas hallados en la bibliografía y que no eran *materia de examen*).
- En gran parte, el aumento de la motivación deriva de la percepción de las aplicaciones prácticas de las principales disciplinas de la asignatura, tal y como han probado otros autores que han empleado el ABP [Hmelo-Silver, 2004]. La motivación, aunque es una variable afectiva, está muy correlacionada con el aprendizaje. Esta mayor motivación queda reflejada en la tasa de éxito y la calificación obtenida en la asignatura: el 100% de los alumnos presentados ha aprobado tras la convocatoria oficial y extraordinaria, la nota promedio es 7.4 y dos tercios han obtenido más de un notable.
- Tres cuartas partes de los alumnos (10/14) que han cursado la asignatura opinan que esta forma de aprender les ha ayudado más o mucho más que la convencional. Los resultados de las encuestas de opinión acreditan que los alumnos han percibido muchos de los beneficios que derivan del cambio metodológico: 1) Mayor retención del conocimiento, 2) Mayor comprensión, 3) Perfeccionamiento de la capacidad de trabajo en equipo y 4) Desarrollo de las habilidades comunicativas, entre otros [Akinoglu & Tandogan, 2007].

La efectividad del ABP frente al enfoque metodológico convencional es clara si se comparan las calificaciones obtenidas en cada uno de los bloques temáticos en la prueba escrita final. Las calificaciones más altas corresponden a los bloques temáticos desarrollados con el ABP. Además, los alumnos que han suspendido la prueba final han superado los bloques temáticos ABP.

- Otro de los aspectos que ha contribuido a la motivación y al logro de estos resultados de aprendizaje ha sido la evaluación continua. Como ya habían demostrado otros autores, la retroalimentación continuada ha alimentado el interés de ambas partes (profesores facilitadores y alumnos) y ha estimulado el trabajo continuo y su mejora [Gibbs & Simpson, 2005]. Asimismo, cabe destacar que esta interacción ha servido tanto como estímulo como de vigilancia de la progresión del proceso de aprendizaje.

No obstante, deben reconocerse también algunas limitaciones y dificultades durante la implementación. Gran parte de éstas resulta de la inexperiencia de ambas

partes, profesores facilitadores y alumnos, con este enfoque metodológico, por lo que se confía que se reducirán o eliminarán en cursos venideros.

- La transición de la metodología convencional al ABP no ha sido fácil ni para el equipo docente ni para los alumnos. Algunos alumnos han tardado entre una y dos semanas en adaptarse, en tomar conciencia de la inversión en la forma de trabajar y comenzar a hacerlo.

A los profesores facilitadores tampoco nos ha resultado fácil asumir el nuevo rol. La inercia a continuar siendo el centro de atención de la clase y exponer información ha sido muy fuerte. Durante las primeras semanas, nos resultó realmente complicado encontrar un equilibrio adecuado en el nivel y en el tiempo de intervención.

- El diseño e implementación de esta metodología ha supuesto un exceso de carga de trabajo respecto a la metodología convencional por la dedicación a tutorías, la búsqueda y modificación del material de aprendizaje en función de las necesidades de los alumnos y, muy especialmente, la evaluación de las actividades. Si el tamaño del grupo aumentara considerablemente en los próximos cursos, la propuesta aquí presentada debería ser adaptada para que la carga de trabajo fuera sostenible.

Igualmente, en las encuestas de opinión gran parte de los alumnos ha mencionado este aspecto como principal desventaja de la metodología: se han sentido desbordados tanto por el tiempo dedicado a las actividades como a la elaboración del informe final. Además, consideran que esta dedicación durante el cuatrimestre no se recompensa suficientemente en la nota final. Aunque, por otro lado, señalan que el tiempo dedicado a la prueba escrita final ha sido menor respecto al dedicado a otras asignaturas impartidas siguiendo la metodología convencional.

- Los recursos disponibles y la infraestructura (distribución de aulas, mobiliario, disponibilidad de aulas de informática, salas de la biblioteca, etc) nos han dificultado el desarrollo de algunas actividades (búsqueda bibliográfica, trabajo en equipo, etc.).

Estas dificultades encontradas en la implementación del ABP concuerdan con las encontradas por otros autores [Hmelo-Silver, 2004; Said *et al.*, 2005; Kolari, Savander-Ranne &Viskeri, 2008; MacAndrew *et al.*, 2008; Gavin, 2011].

## Conclusiones

Se ha diseñado y aplicado la metodología activa ABP en el nuevo Grado en Ingeniería Ambiental con la finalidad de 1) contribuir al desarrollo de las competencias necesarias para resolver problemas ambientales y 2) analizar su influencia en la motivación de los estudiantes.

Los resultados obtenidos tras la implementación del ABP en la asignatura *Geología y Edafología* muestran que este enfoque ha permitido lograr los dos fines propuestos y ha favorecido el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos logros se

deben a múltiples causas. El modo de trabajo de esta práctica docente, que parte de problemas próximos a su futura labor profesional, ha favorecido, por un lado, una mayor motivación por aprender y, por otro lado, el desarrollo de la capacidad de relacionar los contenidos y sus aplicaciones y de resolver problemas. El resultado final es que los contenidos han dejado de ser hechos aislados que tienen una escasa conexión con la realidad; tras el ABP, los alumnos los conectan y emplean para solucionar problemas complejos. A su vez, ha contribuido a un mejor ambiente de trabajo, implicación, participación e interacción entre los alumnos y alumnos-profesor facilitador.

Esta mayor motivación y capacidad de relacionar la teoría con la práctica queda reflejada en el excelente rendimiento académico. La tasa de éxito y calificación final han sido superiores a los obtenidos con otros enfoques instructivos en otras asignaturas de este y otros Grados en Ingeniería: el 100% de los alumnos ha aprobado tras las convocatorias oficial y extraordinaria y la nota media es un notable.

Además, se han obtenido otras de las competencias que corresponden a necesidades de la sociedad del conocimiento y que son de especial relevancia para su futura profesión de Ingenieros Ambientales (autonomía, análisis crítico, trabajo en equipo, comunicación, etc.), competencias que difícilmente se logran con enfoques instructivos no activos. De entre estas competencias, por las características particulares de la Ingeniería Ambiental, es de especial relevancia el avance logrado en lo relativo a la integración de conocimientos de diferentes disciplinas. Los alumnos han tomado conciencia de la necesidad de analizar los problemas ambientales desde diversos puntos de vista y de integrarlos para proponer la solución. Se ha comprobado que esta práctica docente resulta eficaz para acabar con las *islas de conocimiento* y desarrollar habilidades interdisciplinares.

Sin embargo, es necesario indicar que este estudio presenta limitaciones que será necesario superar. En primer lugar, se ha realizado la implementación en el aula sólo durante un curso y por ello no es posible comparar con experiencias de otros cursos y comprobar si se reduce el número de estudiantes que fracasan en la asignatura. En segundo lugar, este estudio se ha centrado fundamentalmente en evaluar el aumento de la motivación de los estudiantes en el aprendizaje de la asignatura, así como en la adquisición de algunas competencias generales como el análisis de variables y la emisión de hipótesis (Ver Tabla 7). No obstante, este trabajo no aporta evidencias empíricas sobre el aprendizaje de los contenidos conceptuales y procedimentales, que serán objeto de nuestro próximo trabajo.

A pesar de las limitaciones del trabajo, consideramos que los resultados presentados muestran que el ABP es una herramienta eficaz para superar varias de las dificultades o problemas frecuentes en los primeros cursos de las enseñanzas técnicas. Esta experiencia sirve como incentivo para continuar ampliando el abanico de posibilidades que ofrecen las metodologías activas y cooperativas a otras asignaturas del GIAMB. La experiencia presentada, si bien ha sido pionera en el nuevo GIAMB, no es una experiencia aislada de aplicación del ABP a los estudios de Ingeniería en la UPV/EHU [Guisasola *et al.*, 2010; Garmendia *et al.*, 2013; Macho-Stadler & Elejalde-García, 2013]. Las conclusiones derivadas de los mismos están siendo de gran utilidad para adaptar el ABP al contexto de nuestra universidad y mejorar diversos aspectos, así como para dilucidar qué mecanismos y variables contribuyen a una mayor

efectividad del ABP en el contexto de la UPV/EHU y que facilitan a los estudiantes adquirir las competencias que debe acreditar un ingeniero.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Calidad e Innovación Docente de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) el apoyo prestado para llevar a cabo este estudio. Particularmente, la primera autora quiere mostrar su gratitud, por un lado, con el Programa ERAGIN, por la formación ofrecida en metodologías activas y por otro lado, con el Programa de Movilidad para la Innovación Educativa BEHATU, que le financió dos estancias para complementar su formación en dos universidades con una reconocida trayectoria en la aplicación de metodologías activas en el área de las enseñanzas técnicas, concretamente *Aalborg University* en 2011 y *University of Leicester* en 2012.

De la misma manera, dedicamos un especial agradecimiento a los verdaderos protagonistas de este estudio, los alumnos de la primera promoción del Grado en Ingeniería Ambiental, ya que sin su colaboración este estudio no hubiera sido posible.

## Bibliografía

- Abrahamson, S. (1997). *Good planning is not enough. The challenges of Problem based learning*. London (UK): Routhledge.
- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). Engineering Accreditation Commission (2013). *Criteria for Accrediting Engineering Programs*. En <http://www.abet.org/DisplayTemplates/DocsHandbook.aspx?id=3149>, último acceso 15 de Julio de 2013
- Akinoglu, O., & Tandogan, R. O. (2007). The effects of Problem-Based Active Learning in Science Education on Students Academic Achievement, Attitude and Concept Learning. *Eurasia Journal of mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 71-81.
- American Academy of Environmental Engineers (AAEE) Environmental Engineering Body of Knowledge Working Group (2008). *Environmental Engineering body of knowledge: summary report. Environmental Engineer Environmental Engineer: Applied Research & Practice*, 6. En <http://www.aaees.org/>, último acceso 15 de Julio de 2013, último acceso 15 de julio de 2003.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New directions for teaching and learning*, 68, 3-12.
- Borrego, M., & Newswander, L. K. (2007). Characteristics of successful cross-disciplinary engineering education collaborations. *Journal of Engineering Education*, 97 (2), 123-134.

- Brockbank, A., & McGill, I. (2002). *Aprendizaje reflexivo en la educación superior*. Madrid: Morata.
- Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas- CRUE (2010). *Información académica, productiva y financiera de las universidades españolas. Indicadores Universitarios*. En <http://www.crue.org/Publicaciones/UEC.html>, último acceso 15 de Julio de 2013
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlunf, S., & Brodeur, D. (2007). *Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach*. 286 pp. ISBN: 978-0-387-38287-6.
- Curiel, M.M. (2010). El proceso de Bolonia y las nuevas competencias. *Tejuelo*, 9, 19-37.
- De Graaf, E., & Kolmos, A. (2003). Characteristics of Problem-Based Learning. *International Journal of Engineering Education*, 19 (5), 657-662.
- De Graaf, E., & Christensen, C. H. (2004). Editorial: Theme Issue on Active Learning in Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, 29 (4), 461-463.
- De Miguel, M. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*. Madrid: Alianza.
- Dolmans, D. H. J. M., Schmidt, H. G. & Gijssels, W. H. (1995). The relationship between student-generated learning issues and self-study in problem-based learning. *Instructional Science*, 22(4), 251-267.
- European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAAE). (2008) *EUR-ACE Framework Standards*. En <http://www.enaee.eu/eur-ace-system>, último acceso 15 de Julio de 2013.
- Felder, R. M., & Brent, R. (1994). *Cooperative learning in Technical Courses. A monograph presenting suggestions for effective implementation of cooperative learning in engineering and science courses*. ERIC Document Reproduction Service, ED 377038. En [http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Education\\_Papers-Chronological.html](http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Education_Papers-Chronological.html), último acceso 15 de Julio de 2013.
- Felder, R. M., & Brent, R. (1997). Objectively Speaking. *Chemical Engineering Education*, 31(3), 178-179.
- Felder, R. M., Felder, G. N., & Dietz, E. J. (2002). The effects of Personality Type on Engineering Student Performance and Attitudes. *Journal of Engineering Education*, 91(1), 3-17.
- Garmendia, M., Garikano, X., Sierra, E., & Perez, A. (2013). Developing teamwork efficacy factors: An experience in a Project Based Learning Context. *International Journal of Engineering Education*, 29(3), 752-762.
- Gavin, K. (2011). Case study of Project-Based Learning course in Civil Engineering Design. *European Journal of Engineering Education*, 36 (6), 547-558
- Gibbs, G., & Simpson, C. (2005). Conditions under which assessment supports student's learning. *Learning and Teaching in Higher Education*, 1, 3-31.

- Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P., & Seger, M. (2005). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis from the Angle of Assessment. *Review of Educational Research, 75*(1), 27–61
- Guisasola, J., Almudí, J. M., Ceberio, M., & Zubimendi, J. L. (2010). A teaching strategy for enhancement of physics learning in the first year of industrial engineering. *European Journal of Engineering Education, 27*(4), 379-391.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235-266.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (2000). *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*. Edina, Minnesota (USA): Interaction Book Company.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design model for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology: Research and Development, 45*(1), 65-95.
- Kolari, S., Savander-Ranne, C., & Viskeri, E. J. (2008). Learning needs time and effort: a time-use study of engineering students. *European Journal of Engineering Education, 33*(5-6), 483-498.
- Kolmos, A. (1996). Reflections on Project Work and Problem-based Learning. *European Journal of Engineering Education, 21*(2), 141-148.
- Kolmos, A. (2004). Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos. *Educar, 33*, 77-96.
- Kolmos, A., Fink F. K., & Krogh, L. (2006). The Aalborg PBL model. Progress, Diversity and Challenges. Aalborg: Aalborg University Press.
- Kuiper, T., Meijer, A., & Moust, J. (2011). Innovation in Public Health Teaching: The Maastricht Experience. *Public Health Reviews, 33*(1), 300-314.
- Lang, J. D., Cruse, S., McVey, F. D., & McMasters, J. (1999). Industry expectations of New Engineers: A survey to assist Curriculum Designers. *Journal of Engineers, 43*-51.
- Lee, R. M. K. W., & Kwan, C. Y. (1997). The use of problem-based Learning in Medical Education. *Journal of Medical Education, 11*(2), 149-157.
- Lehmann, M., Christensen, P., Du, X., & Thrane, M. (2008). Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. *European Journal of Engineering Education, 33*(3), 283-295.
- MacAndrew, S.; Walsh, L.; Oduyemi, K. & Lantz, C. (2008). Problem based learning in practice: listening to the lecturers. An investigation of academics' perceptions and practice concerning problem based learning. Scottish Higher Education Enhancement Research (2) Final report. En [www.heacademy.ac.uk/assets/SHEER\\_MacAndrew\\_final.pdf](http://www.heacademy.ac.uk/assets/SHEER_MacAndrew_final.pdf), último acceso 15 de Julio de 2013.
- Macho-Stadler, E., & Elejalde-García, M. J. (2013). Case study of a problem-based learning course of physics in telecommunication engineering degree. *European*

*Journal of Engineering Education*, 38(4), 1-9.  
doi:10.1080/003043797.2013.780012.

- Major, C. H., & Palmer, B. (2001). Assessing the effectiveness of Problem-Based Learning in Higher Education: Lessons from the Literature. *Academic Exchange Quarterly*, 5(1), 4-9.
- Markes, I. (2006). A review of literature on employability skill needs in engineering. *European Journal on Engineering Education*, 31(6), 637-650.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2011). Resolución de 20 de diciembre de 2010, de la Universidad del País Vasco, por la que se publica el plan de estudios de graduado en Ingeniería Ambiental. *Boletín Oficial del Estado*, 26, 31 de enero de 2011, Sec. III, p. 10782.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2013). Datos y cifras del Sistema Universitario Español. En <http://www.mecd.gob.es/dms/mecd/educacion-mecd/areas-educacion/universidades/estadisticas-informes/estadisticas-informes-documentum/datos-cifras/2012-2013-datos-y-cifras-sistema-universitario-espanol.pdf>, último acceso 15 de Julio de 2013
- O'Brien, W., Soibelman, L., & Elvin, G. (2003). Collaborative design processes: an active- and reflective-learning course in multidisciplinary collaboration. *Journal of Construction Education*, 8(2), 78-93.
- Oakley, B., Felder, R. M., Brent, R., & Elhajj, I. (2004). Turning students into effective teams. *Journal of Student Centered Learning*, 2(1), 9-34.
- Prince, M. (2004). Does Active Learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231.
- Richter, D. M., & Paretti, M. C. (2009). Identifying barriers to and outcomes of interdisciplinarity in the engineering classroom. *European Journal of Engineering Education*, 34(1), 29-45.
- Said, S. M., Mahamd Adikan, F. R., Mekhilef, S., & Abd Rahim, N. (2005). Implementation of the Problem-Based Learning approach in the Department of Electrical Engineering, University of Malaya. *European Journal of Engineering Education*, 30(1), 129-136.
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 1., issue 1, Article 3.
- Torre, C. C., & Gil, E. (2004). *Hacia una enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
- Vicerrectorado de Calidad e Innovación de la Universidad del País Vasco (2010). *Bases para el desarrollo curricular de las titulaciones de la UPV/EHU. Modelo Irakaskuntza Kooperatibo eta Dinamiko* (IKD). En [http://www.ikasketa-berrikuntza.ehu.es/p272-shikdct/es/contenidos/informacion/ikd\\_educacion\\_activa/es\\_educ/educacion\\_activa.html](http://www.ikasketa-berrikuntza.ehu.es/p272-shikdct/es/contenidos/informacion/ikd_educacion_activa/es_educ/educacion_activa.html), último acceso 15 de Julio de 2013.
- Vygotsky, L. S. (1987). *Thinking and speech*. L. S. Vygotsky, *Collected works*, 1, pp. 39-285. New York: R. Rieber & A. Carton.

Walker, A., & Leary, H. (2009). A Problem Based Learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1), 6-28.

Yániz, C. (2008). *Las competencias en el currículo universitario: implicaciones para diseñar el aprendizaje y para la formación del profesorado*. RED U. Revista de Docencia Universitaria, 1, 1-14. En <http://revistas.um.es/redu/article/view/10621/10211>, último acceso 15 de Julio de 2013

Artículo concluido el 18 de Julio de 2013

**Cita del artículo:**

Sáez de Cámara Oleaga, E., Guisasola Aranzabal, J., & Garmendia Mujika, M. (2013). T Implementación y resultados obtenidos en una propuesta de Aprendizaje Basado en Problemas en el Grado en Ingeniería Ambiental. *Revista de Docencia Universitaria. REDU*. Vol. 11, Número especial dedicado a *Engineering Education*, pp. 85-112. Recuperado el (fecha de consulta) en <http://red-u.net>

## Acerca de la autora y autores

---



### **Estibaliz Sáez de Cámara Oleaga**

**Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao

Departamento Ingeniería Química y del Medio Ambiente

Mail: [estibaliz.saezdecamara@ehu.es](mailto:estibaliz.saezdecamara@ehu.es)

Profesora e Investigadora en el área Tecnologías del Medio Ambiente en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao desde 2007. Su actividad docente se concentra en el ámbito de la Ingeniería, tanto en los nuevos Grados como en los Postgrados y Másteres. Integrada en el Grupo de Investigación Atmosférica. Es especialista en Meteorología Aplicada y Modelización de la Dispersión de Contaminantes.



## **Jenaro Guisasola Aranzabal**

***Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)***

Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián

Departamento de Física Aplicada I

Mail: [jenaro.guisasola@ehu.es](mailto:jenaro.guisasola@ehu.es)

Profesor Titular de Universidad e Investigador en el área de Enseñanza de la Física en la Escuela Politécnica de San Sebastián. Su actividad investigadora se centra en la dirección del Grupo de Investigación en Enseñanza de la Física, las Matemáticas y la Tecnología que es un grupo consolidado de investigación nivel A en el Sistema Universitario Vasco. Imparte docencia de Física General en primer curso de Ingeniería y en el Máster de Formación inicial del Profesorado de Secundaria.



## **Mikel Garmendia Mujika**

***Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)***

Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián

Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería

Mail: [mikel.garmendia@ehu.es](mailto:mikel.garmendia@ehu.es)

Profesor Titular de Universidad e Investigador en el área de Enseñanza de la Tecnología en la Escuela Politécnica de San Sebastián. Actualmente es Director de Innovación Metodológica en la UPV/EHU. Es miembro del Grupo de Investigación en Enseñanza de la Física, las Matemáticas y la Tecnología. Imparte docencia de Gestión de Proyectos en los grados de Ingeniería, Innovación en Tecnología en el Máster de formación de profesorado de secundaria, y cursos de formación de profesorado universitario.