

The 53% of students selected the option quite true, 30% indecision and 17% totally true.

The majority of students said that they could study with their smart phones and mobile devices without having to go in person where the teacher, the ITS gave them feedbacks that allowed them to identify their errors. They also expressed appreciation for the activities and interactive resources of the ITS.

The teacher of the course said that the students were more attracted and motivated to use "Cyber-Math" than receiving a master class. The integration of ITS with mobile devices allowed students to familiarize more easily with the thematic evaluated. However, some students found it difficult to adopt the ITS and requested personalized advice.

## CONCLUSIONS

This paper presents the development of the ITS "Cyber - Math", oriented to the teaching and learning of basic and operational math. It is free and works for mobile devices with access to the internet. A test of validation was conducted with 60 students in the "Fundación Universitaria Luis Amigó", in Medellín, Colombia, 30 students used "Cyber - Math", the other 30 no. The results allowed us to see that the students who used "Cyber-Math" had better results than those that did not.

ITS facilitate the learning process in any area of knowledge, since they have the ability to provide feedback and provide instructions to individual users in real time, without requiring the intervention of an expert human and so allow us to transform the traditional educational model of teaching-learning. Due to the foregoing, the learning of the mathematics can cease to be an arduous and complex task thanks to the great diversity of the aid and technological resources.

## BIBLIOGRAPHY

- Aguilar, R., Muñoz, V., González, E. J., Noda, M., Bruno, & Moreno, L. Fuzzy and MultiAgent Instructional Planner for an Intelligent Tutorial System. *Applied Soft Computing*, 11, [2], 2142–2150, 2011.
- Aguilar, R., Muñoz, V., Noda, M., Bruno, A., & Moreno, L. Verification and validation of an intelligent tutorial system. *Expert Systems with Applications*, 35, [3], 677–685, 2008.
- Corbett, A., & Koedinger, K. Intelligent Tutoring Systems. In *Handbook of Human-Computer Interaction*. Elsevier Science B. V, EEUU, 1997, p. 2-5.
- Ferreira, A., & Atkinson, J. Designing a feedback component of an intelligent tutoring system for foreign language. *Knowledge-Based Systems*, 22, [7], 496–501, 2009.
- Gutierrez, F., & Atkinson, J. Adaptive feedback selection for intelligent tutoring systems. *Expert Systems with Applications*, 38, [5], 6146–6152, 2011.
- Kalhor, Q., Chowdhry, L., Abbase, T., & Abbasi, S. M-learning an innovative advancement of ICT in education, *IEEE, EEUU*, 2010, p. 148–151.

- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51, [1], 7–15, 2009.
- Mitrovic, A., Ohlsson, S., & Barrow, D. K. The effect of positive feedback in a constraint-based intelligent tutoring system. *Computers & Education*, 60, [1], 264–272. 2013
- Murray, T. An overview of intelligent tutoring system authoring tools : Updated Analysis of the State of the Art. In *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*, Springer, Netherlands, 2003, p. 493–546.
- Nkambou, R., Bourdeau, J., & Mizoguchi, R. *Advances in Intelligent Tutoring Systems*. Berlin, Heidelberg: Springer, Germany, 2010, p.42-51.
- Sanchez, R. P., Bartel, C. M., Brown, E., & DeRosier, M. The acceptability and efficacy of an intelligent social tutoring system. *Computers & Education*, 78, [1], 321–332, 2014.
- Staples, M., & Niazi, M. Experiences using systematic review guidelines. *Journal of Systems and Software*, 80, [9], 1425–1437, 2007.
- Xerte. (2015). Xerte Community. M-Learning. Retrieved from <http://xerte.org.uk/index.php?lang=es&Itemid=642>. Access [Jan 12 2016]

## ANNEX 1

The following 10 items are to evaluate their level of satisfaction with the use of "Cyber-Math". Select one of the 5 response options:

- 1 totally false
  - 2 quite false
  - 3 indecision
  - 4 quite true
  - 5 totally true
- Q1. "Cyber-Math" contains enough information about the topic?
- Q2. The graphical interface of "Cyber-Math" is appropriate?
- Q3. The videos and animations of "Cyber-Math" are appropriate?
- Q4. The graphics of "Cyber-Math" are appropriate?
- Q5. The theoretical content of "Cyber-Math" are appropriate?
- Q6. The links of "Cyber-Math" are appropriate?
- Q7. The proposed activities are consistent with the purpose and contents of "Cyber-Math"?
- Q8. The development of the activities allow learning to be consistent with the proposed objectives?
- Q9. The resources of practice and evaluation allow appropriating the contents of "Cyber-Math"?
- Q10. The use of "Cyber-Math" is easy and fun?

Received 2-10-2016 /Approved 15-05-2017

# Aplicación de un aprendizaje basado en problemas en estudiantes universitarios de ingeniería del riego

## Application of a problem-based learning in university students of irrigation engineering

CÉSAR A. RODRÍGUEZ, JOSÉ M. FERNÁNDEZ-BATANERO

Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla, España, batanero@us.es, cesar@uh.es

### Resumen

En el presente artículo se presentan los resultados de un estudio realizado mediante la metodología activa de aprendizaje denominada "Aprendizaje basado en Problemas" (ABP), en estudiantes universitarios. El trabajo se ha desarrollado durante el curso 2015-16 en dos grupos de alumnos de la asignatura Ingeniería del Riego, en el Grado en Ingeniería Agrícola de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Huelva (España). Ha comprendido la aplicación de la metodología didáctica específica y su evaluación, detallándose el problema estructurante diseñado y su división en subproblemas. La evaluación se ha efectuado empleando un método cuasi-experimental. Entre las conclusiones se destaca que el ABP es preferible a la metodología tradicional expositiva, al resultar significativa la diferencia en

adquisición de conocimientos por los estudiantes. Así mismo, se produce mejora en los planteamientos para la resolución de los problemas planteados, no sólo la diferencia en resultados numéricos finales, sino el planteamiento establecido para llegar a los mismos.

**Palabras clave:** aprendizaje basado en problemas, formación de ingenieros, método cuasiexperimental, ingeniería del riego

### Abstract

In this paper results are shown for research carried out through active learning methodology, which is called "Problem-Based Learning" (PBL), among university students. The work was developed during the academic year 2015-16 and it

was carried out with two groups of students enrolled in the subject “Irrigation Engineering”, belonging to the Agricultural Engineering Degree from the Superior Technical School of Engineering of the University of Huelva (Spain). To do so the application of specific teaching methods and evaluation were necessary, with special attention to the structuring problem and its division into sub problems. The evaluation was carried out using a quasi-experimental method. One highlight of the conclusions is that the PBL methodology is preferable to the traditional expository methodology due to the significant difference in knowledge acquisition by students. Also, improvement occurs in the approaches regarding problem resolution, not only in the difference in final numerical results, but the way they were reached. Keywords: problem-based learning, engineers training, quasi-experimental method, irrigation engineering

**Key words:** problem-based learning, engineering education, quasi-experimental method, irrigation engineering

## INTRODUCCIÓN

Las metodologías activas de aprendizaje otorgan un papel fundamental al estudiantes en su formación, ya que el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje depende en gran medida de la actitud de implicación y responsabilidad que desarrolle hacia el mismo. Los resultados de la aplicación de dichas metodologías activas son muy positivos, pues aportan al estudiante una mayor implicación, motivación e interés, mayor interiorización de los conocimientos adquiridos, mayor desarrollo de competencias profesionales y transversales, mayor integración y relación de los nuevos conocimientos con otros anteriores y una menor tasa de abandono de los estudios (Eragin, 2012; Robledo et al. 2015).

El Aprendizaje basado en Problemas (en adelante ABP); se enmarca dentro de las metodologías activas de aprendizaje. La principal característica de este método de abordar el aprendizaje activo consiste en que se plantea un problema vehicular al alumnado, sirviendo para generar la demanda por parte del mismo de una serie de conocimientos y competencias directamente relacionados con el área técnica objeto del aprendizaje. La resolución de problemas tiene un papel fundamental en cualquier nivel del sistema educativo. La destreza para resolver problemas es uno de los objetivos más importantes de la educación en general, y en la enseñanza de la ingeniería en particular. En este sentido el ABP guarda una estrecha relación con otras metodologías activas muy próximas como el método problémico (Orlik, 2002) o el aprendizaje basado en proyectos (Metas y Constantinou, 2008.). El ABP, sin embargo, guarda ciertas características que le son propias y en puridad constituye una metodología activa con elementos específicos cuando se aplica en forma ortodoxa. Woods (2012) define en ese caso como “auténtico” ABP. Nosotros, por nuestra parte, consideramos que no existe una delimitación neta entre distintas metodologías activas existiendo elementos comunes que se combinan y recombinan entre todas ellas. Esto ha permitido una flexibilidad para ejercer su adaptación a un campo como la ingeniería, que no fue en origen el medio docente típico para la implantación del ABP. De hecho, en sus inicios el ABP comenzó a aplicarse a la enseñanza del Derecho. Pero el mayor desarrollo se dio en las Facultades de Medicina, un campo tradicionalmente con fuerte implicación empírica y experimental (Barrows, 1985). El ABP en medicina tuvo como antecedente clave los trabajos de Barrows y Tamblyn (1980). Dichos autores definen al ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos” (p. 1). La Universidad de McMaster (Canadá), entre la década de los 60 y 70, implantó el ABP como metodología docente en los estudios de medicina (Barrows, 1971). Posteriormente el ABP se fue aplicando a diferentes áreas con necesidades específicas. La migración desde la enseñanza del derecho a la medicina, y desde ésta a la ingeniería y arquitectura han acaparado una parte de las aplicaciones más interesantes, pero con algunas variaciones y una serie de adaptaciones requeridas para hacer factible su aplicación. Los elementos esenciales se mantienen: un aprendizaje centrado en el alumno, el trabajo con grupos pequeños, el docente como facilitador, el autoconocimiento y los problemas como generadores de habilidades son comunes a la Metodología didáctica específica ABP (Barrett, 2005; Rodríguez y Fernández-Batanero, 2016). En esta línea, los objetivos y tareas que se deben cumplir en el ABP incluyen el utilizar estrategias de razonamiento para proponer hipótesis explicativas; identificar necesidades de aprendizaje, y capacitar para trasladar los aprendizajes conseguidos hacia otros problemas (Branda, 2009).

Centrándonos en el ámbito de la ingeniería, tenemos que decir que la aplicación del APB en este campo ha sido más pausada con respecto al

campo de la medicina (Bédard et al., 2012). Dentro de los antecedentes en la aplicación del ABP a la enseñanza de la ingeniería podemos mencionar una serie de trabajos, a modo de referencias clave que van a condicionar la investigación presente. En la formación de ingenieros con las competencias que exige el entorno laboral mencionamos el notable trabajo de Fernández y Duarte (2013). Con respecto a la forma de implantar un ABP en ingeniería y los matices requeridos existen diferentes trabajos de interés para la investigación expuesta (Basri et al., 2012; Shinde e Inamdar, 2013). La implantación del ABP en ingeniería progresa, y numerosas pruebas y evaluaciones lo atestiguan (Chau, 2005; Loncar-Vickovic et al., 2008; Mgangira, 2003; Paje et al. 2011; Yadav et al., 2011; Vega et al., 2014). Los resultados obtenidos en las diferentes pruebas no son unívocos (Ribeiro, 2005), y la puesta en práctica ha requerido en algunos casos variantes a tener en cuenta. Entre estas variantes, las hay que inciden en el papel del profesor como facilitador sustituyéndolo por un trabajo interactivo con ordenadores (Mercier y Frederiksen, 2007), aunque desde el punto de vista de los autores del presente trabajo el papel del profesor lo consideramos necesario en el ámbito que nos ocupa.

También el ABP se ha extendido a otros campos de aplicación, más allá de la medicina y la ingeniería, como por ejemplo las ciencias económicas (Santillán, 2006), la química (Lorenzo et al., 2011), ciencias ambientales (Torres, 2013) e incluso la geografía (Latasa et al., 2012) han sido objeto de diversos trabajos de referencia. Como se puede comprobar por los antecedentes mencionados, y que suponen únicamente una breve selección de trabajos, el campo de investigación relacionado con el ABP, tanto directa como transversalmente, es amplio.

En cuanto a la posible ponderación del efecto que produce un ABP en los estudiantes distintos trabajos han abordado distintos componentes. Así por ejemplo Carrión et al. (2015) se va a referir a aspectos distintos de la mera adquisición de conocimientos, como son los valores y actitudes en el ámbito de la medicina. Los autores, en otros trabajos, se han enfocado precisamente en la adquisición de conocimientos expresada por el rendimiento académico (Rodríguez, 2016; Rodríguez y Fernández Batanero, 2017). El presente trabajo, no obstante, está orientado a diferentes aspectos, con el acento puesto en las dificultades propias en el procedimiento de implantación del ABP en la Ingeniería del Riego. La herramienta de evaluación ha requerido de una adaptación conforme a los grupos en experimentación. En este sentido, podemos mencionar la investigación realizada por Latasa et al. (2012), como afin en lo que corresponde a tamaños de grupos de evaluación del ABP y al análisis de las calificaciones finales obtenidas por los sujetos participantes como variable cuantitativa de referencia. Pero en el trabajo presente, la información cualitativa aportada por el diario de clase también es importante, tal como se verá posteriormente. En el aspecto metodológico ha supuesto un añadido sobre la información cuantitativa expresada por los resultados del rendimiento académico.

Como antecedentes relacionados directa y transversalmente con el trabajo efectuado mencionamos dos estudios realizados por los autores: una investigación efectuada sobre la enseñanza de las construcciones agrarias (Rodríguez y Fernández Batanero, 2017), con el acento puesto en la evaluación cuantitativa y el instrumento de medición empleado; y una prueba piloto efectuada durante el curso 2013-14 en varias asignaturas del área de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Huelva, incluyendo Ingeniería del Riego (Rodríguez, 2014). En lo que corresponde a la enseñanza de Ingeniería del Riego y los resultados de la investigación que expone el presente trabajo, los aspectos procedimentales de la aplicación del ABP y la evaluación integrada con datos cuantitativos y cualitativos han sido el elemento diferenciador con respecto a otros trabajos. Se ha pretendido que al realizar una evaluación más amplia se haya permitido obtener conclusiones adicionales a las referentes al rendimiento académico. Por otro lado, y tras la prueba piloto mencionada, se detectaron dificultades específicas en la impartición de la materia que nos ocupa. Es, con diferencia, la materia sondeada con más dificultad en la implantación del ABP. Por tanto, tras detectarse dichas dificultades adicionales en la aplicación e implantación del ABP en Ingeniería del Riego se decidió volver a realizar el experimento con la experiencia previa, de la cual el presente trabajo comprende los resultados del análisis del experimento. Las experiencias previas de otros investigadores al respecto han sido tenidas en cuenta, particularmente aquellas que sirvan como experiencia en la búsqueda de mejora del proceso enseñanza-aprendizaje en ingeniería. Pero en lo que corresponde a aplicación de un ABP en Ingeniería del Riego el presente trabajo supone uno de los primeros antecedentes, exponiéndose las conclusiones derivadas de una investigación efectuada sobre implantación

de un ABP en los cursos 2013-14, 2014-15 y 2015-16. Los resultados del efecto sobre el rendimiento académico en los alumnos, tras corregirse en años sucesivos la implantación del ABP en Ingeniería del Riego, se han considerado competentes, tras realizar las correcciones oportunas, los del curso 2015-16 que se adjuntan.

## METODOLOGÍA

El objetivo principal que se estableció ha sido determinar si existen diferencias significativas en los aprendizajes en Ingeniería del Riego entre alumnos que han participado en un programa de enseñanza basada en un ABP, y otros alumnos que han participado en un método expositivo tradicional combinado con la realización de problemas por el docente (en adelante MET). Los objetivos específicos han comprendido: 1) establecer si el ABP es efectivo con un periodo de 10 semanas de aplicación; 2) realizar un análisis comparado entre el MET y ABP en lo que a eficacia y eficiencia se refiere -según se han precisado estos términos como veremos posteriormente-; 3) comprobar si se producen mejoras en los planteamientos para la resolución de los problemas y 4) averiguar si se reducen errores de cálculo tras un planteamiento del problema a resolver adecuado. La detección de dificultades específicas en la implantación de un ABP en Ingeniería del Riego y la forma de minorarlas ha supuesto de facto un objetivo concreto, con respecto a otras investigaciones afines de los autores. En cuanto a las Metas, vinculadas a los objetivos fijados, han sido para la investigación realizada las siguientes: 1) mejorar la eficiencia en el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Ingeniería del Riego; 2) reducir el porcentaje de suspensos asociados a la asignatura; 3) acercar los conocimientos adquiridos a la práctica profesional real futura; 4) reducir el abandono de los estudios de ingeniería por falta de motivación del alumnado; 5) establecer una propuesta válida favorable a la implantación del ABP en ingeniería que sirva de apoyo a decisiones futuras al respecto y 6) mejorar la calidad de la enseñanza en la E.T.S.I. de la Universidad de Huelva. Estos objetivos y metas no han variado desde que se realizó el primer estudio piloto (Rodríguez, 2014), pero sí se han ido corrigiendo en su aplicación.

En cuanto al problema de investigación, se ha trabajado con dos grupos de alumnos: un grupo experimental (en adelante GE) que ha recibido un ABP como tratamiento específico docente, y un grupo de control (en adelante GC) que ha recibido un MET exclusivamente como método didáctico. En cuanto a la estructuración del problema de investigación, se ha dividido en 3 fases principales: 1) diseño de un ABP aplicado a la asignatura de Ingeniería del Riego; 2) aplicación y puesta en práctica del ABP en el GE y del MET en el GC, y 3) evaluación del ABP. La evaluación del ABP ha contado con una validación estadística mediante una técnica estadística no paramétrica adecuada para grupos reducidos de alumnos y una información descriptiva de apoyo procedente del diario de clase del profesor responsable. Para poder asegurar que los grupos que han participado en la investigación han podido (o no) ser comparables, se ha realizado un estudio de homogeneidad de muestras, resultando que los susodichos grupos efectivamente han sido comparables. En cuanto a la información procedente del diario de clase, además de los términos que posteriormente se precisarán, ha sido fundamentalmente de corte descriptivo. La información que aporta dicho diario es muy importante en aspectos contextuales, siendo orientativas y complementarias en lo que a la validación del ABP se refiere. Se justificó su empleo debido a los problemas inherentes a la participación de la Ingeniería del Riego, con respecto a otras materias. Por tanto, la metodología concede a los resultados cuantitativos las deducciones referentes al rendimiento académico y a la información descriptiva de tipo cualitativa información útil de contexto. Las fases principales de la investigación ha requerido de ciertas operaciones. En la figura 1 se presentan las fases y operaciones de la investigación.

### Diseño de un ABP para Ingeniería del Riego

Además del estudio de trabajos previos –en particular las conclusiones derivadas del estudio piloto referido (Rodríguez, 2014)–, el diseño del ABP para la asignatura de Ingeniería del Riego ha conllevado una detallada programación por semanas, siendo recogida dicha programación (con las pruebas de control fijadas) en la correspondiente guía docente de la asignatura. Es imprescindible un periodo de 6 semanas de aplicación de un MET común a todos los alumnos, según se determinó en el estudio piloto. En este periodo, es donde se exponen los fundamentos requeridos de la materia impartida.

Los 11 casos prácticos que comprenden el desarrollo de la asignatura conforme a un ABP son los siguientes: 1) Cálculo de canal de riego

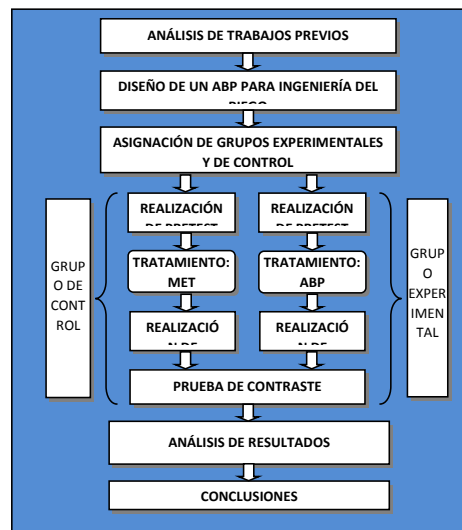


Fig. 1. Fases y Operaciones de la Investigación.

procedente de El Chanza, tramo de Aljaraque (provincia de Huelva); 2) Sistema de abastecimiento de aguas y bocas de riego (con tuberías en serie, paralelo e interconectadas) en población de La Línea de la Concepción (provincia de Cádiz); 3) Sistema de abastecimiento de aguas mallado con hipótesis de averías, dotación para riego y sistema de alcantarillado en La Gaga, Lepe (provincia de Huelva); 4) Riego ornamental en barriada “La Reconquista” de Algeciras (provincia de Cádiz); 5) Sistema de riego deportivo para campo de fútbol “La Menacha”, Algeciras (provincia de Cádiz); 6) Proyecto de puesta en riego en Zona Centro de Extremadura (provincias de Cáceres y Badajoz); 7) Sistema de riego con acequia y depósito elevado de regulación para huertas en La Línea de la Concepción, Campo de Gibraltar (provincia de Cádiz); 8) Sistema de riego deportivo para campo de golf en la costa de Huelva; 9) Sistema de riego de cobertura total en la Comarca de la Axarquía (provincia de Málaga); 10) Sistema de riego por aspersión mediante pivote central en explotación agrícola dentro de la Cuenca Hidrográfica del Tajo (provincia de Toledo) y 11) Cálculo de anillo hidráulico y del sistema de riego del Hospital Infanta Elena (provincia de Huelva). Los primeros 3 casos prácticos ayudan a reforzar los conocimientos de hidráulica, comunes con la Ingeniería Civil clásica; los casos 4, 5 y 8 se refieren a aplicaciones de riego ornamental fundamentalmente; los casos 7, 9 y 10 son diferentes aplicaciones de riego en el ámbito de la explotación agrícola alimentaria, y los casos 6 y 11 comprenden aplicaciones integrales de diferentes técnicas (aspersión, riego localizado, equipos de bombeo y otras), a gran escala regional el caso 6 y a escala de proyecto de detalle el caso 11. Las obras de drenaje (tema 20 y último de la asignatura) se dan en sesiones independientes, comunes para el GE y el GC, no siendo por tanto objeto de ABP. Como se puede intuir, la programación del ABP es ambiciosa. No obstante, en la práctica, de cada caso práctico se seleccionan a su vez subproblemas para poder hacer viable la adquisición de conocimientos conforme a los objetivos docentes con la disponibilidad temporal de la asignatura. Las guías de ayuda comprenden un material inédito de los autores, y sirven para poder seguir el desarrollo del ABP en clase. Al final del siguiente apartado se dan indicaciones con un ejemplo a modo de referencia sobre cómo poner en marcha el estudio de casos.

### Aplicación y puesta en práctica del ABP para Ingeniería del Riego

Los objetivos incluidos en la guía docente de la asignatura, y a los que la metodología docente (bien sea MET o ABP) deben dar solución satisfactoria son 6: 1) Proporcionar las bases de hidráulica necesarias para el diseño y cálculo de una instalación de riego, 2) Dar a conocer al alumno los materiales y componentes habituales de las redes hidráulicas de riego, 3) Conocer los métodos de medición de caudales, 4) Conocer los fundamentos hidráulicos del flujo en lámina libre, 5) Proporcionar conocimientos básicos sobre bombas hidráulicas, 6) Poder realizar, a modo de culminación de los objetivos anteriores, el diseño y cálculo de un sistema de impulsión con red de riego. Estos objetivos son independientes del tratamiento didáctico específico aplicado y su cumplimiento conlleva la asimilación de unos conocimientos conforme al temario definido. En el caso del MET se ha

procedido a exponer en clase las materias de forma pormenorizada, siendo ilustradas con problemas resueltos por el docente a medida que ha avanzado la asignatura. En cuanto al ABP la perspectiva para el alumno que recibe las clases es diferente: requiere de su participación activa. Con excepción de los fundamentos hidráulicos durante las primeras 6 semanas de clase comunes para ambos grupos, en el caso del ABP los 11 casos programados no se desgranar en unidades de conocimiento con una delimitación neta en el temario; o sea, no coinciden los 20 temas de la asignatura con los 11 casos. Algo razonable si entendemos que la actividad ingenieril requiere de una perspectiva integral del conocimiento. No obstante, algunos casos tienen más relación con ciertos temas que otros: por ejemplo, el tema 13 de céspedes deportivos tendrá una conexión muy obvia con los casos 5 y 8. Es importante para aquellos investigadores que quieran hacer su programación de ABP que entiendan que es casi imposible corresponder exactamente el temario de una asignatura con una serie de casos reales. Pero, sin menoscabo de la aserción anterior, los casos prácticos a su vez deben funcionar *como envolventes* del conocimiento que deben adquirir los alumnos. La superposición de conocimiento en los casos programados en ABP no supone un problema: supone una adecuación a la vida real. Por otra parte, dichos casos prácticos se suceden como hitos sucesivos que deben ser superados. Según se deduce del diario de clase, no hay una dificultad creciente ni una ley deducible al respecto: lo que es difícil para algunos alumnos para otros es fácil, lo que justifica en parte el trabajo en grupo a modo de oficina técnica. Los alumnos, por tanto, deben cooperar y trabajar para “sacar” adelante el subproblema seleccionado del caso concreto.

Los factores que componen la estrategia enseñanza-aprendizaje seguida en el ABP en Ingeniería del Riego no han diferido en lo esencial de otras asignaturas del área de conocimiento Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Huelva, y se pueden consultar en los antecedentes referidos; en particular, en Rodríguez y Fernández Batanero (2017) se encuentran bastante acordes a la actualidad docente de la asignatura. La exposición detallada de los casos prácticos con la citada estrategia excede los objetivos de este trabajo. El material docente correspondiente a los casos es voluminoso en este sentido, y ha resultado del esfuerzo de años de recopilación de proyectos y estudios, una parte de autoría propia y otra cedida de proyectos externos. No obstante, a modo de ejemplo ilustrativo exponemos un extracto de la aplicación y puesta en práctica del caso práctico N°11, con algunas informaciones extraídas del diario de clase. En forma secuencial son los 6 factores clave que componen la estrategia enseñanza-aprendizaje adoptada, teniendo en cuenta las apreciaciones de Barrows y Tamblyn (1980). La adaptación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje al ámbito de la Ingeniería del Riego con empleo de ABP es propia de los autores y no debe considerarse tradicional. La información subsiguiente se ha completado con el registro realizado en el diario de clase, y ha comprendido 4 sesiones. Tenemos:

Desarrollo del caso práctico n° 11: Cálculo de anillo hidráulico y del sistema de riego del Hospital Infanta Elena (provincia de Huelva). 1) Se expone en un retroproyector la información útil al caso, incluyendo el problema a resolver. En el caso 11, comienza con: “Por encargo del departamento de Servicios Generales del Hospital Infanta Elena, el técnico que suscribe va a proceder a la redacción del Proyecto, que se ha denominado: Obras de Modernización de la red de riego en zonas ajardinadas del Hospital Infanta Elena de Huelva. Este Proyecto servirá de base para los trámites legales y administrativos necesarios, así como para la ejecución y dirección de las obras. Para la consecución de este objetivo, se ha planteado un estudio en tres fases: Fase I: Gabinete. Recopilación de información técnica y gráfica que sirva de base para las siguientes fases. Fase II: Campo. Recopilación de información de campo, determinación de estado actual y primeras propuestas y/o alternativas. Fase III: Gabinete. Tratamiento y análisis sistemático de la información registrada en las fases anteriores y determinación de solución óptima”. Los alumnos deben percibir que el caso exige su responsabilidad para su propio aprendizaje. El docente-tutor asume un rol de *facilitador* únicamente, dejando de lado su rol tradicional. A los alumnos se les va dando la información referida, en forma tal que la disponibilidad temporal (4 sesiones) lo permita. Los subproblemas seleccionados para el curso 2015-16 del caso 11 han sido 3: a) determinación del esquema general de una parte de la red proyectada (diseño), b) cálculo del anillo hidráulico y c) cálculo del riego del ajardinamiento (selección de 3 partes con técnicas distintas de riego localizado, por aspersión y nebulización). Las sesiones fijadas para este caso han sido 4 sesiones de 2 horas. El trabajo ha sido intenso, y no ha permitido holguras en la programación. Algunos alumnos han sentido cierto estrés, pero dado que este caso es el último y uno de los más interesantes, el entrenamiento recibido en ABP durante los meses de

marzo, abril y primera quincena de mayo de 2016 facilitó su abordaje. En la siguiente fase 2) se establecieron los grupos de trabajo. En ingeniería los autores recomiendan 3 ó 4 alumnos por grupo por la experiencia adquirida previamente. Los alumnos han entendido, pese a algunas reticencias, que una característica fundamental del ABP con respecto a otras metodologías activas es que en cada resolución de un caso ello implica la construcción de los grupos previamente formados para construir unos nuevos grupos de trabajo para el caso siguiente. Al finalizar cada caso práctico los estudiantes cambian de grupo y trabajan con un nuevo grupo, permitiéndoles adquirir práctica con una variedad de diferentes personas. En total habrán trabajado en 11 grupos de trabajo diferentes. En la primera sesión del caso 1, no obstante, el docente dejó que de forma natural se agruparan los alumnos, por afinidades personales. Habitualmente es frecuente la asociación por lugares de procedencia, aficiones o intereses. Se facilita así el comienzo del ABP, si bien en el caso 2, al iniciar la formación de nuevos grupos era resaltable los gestos de desagrado de algunos alumnos al tener que abandonar su cómodo y estable (pero poco interesante para ABP) grupo rígido de trabajo. Posteriormente 3) Con auxilio de una guía (previamente disponible en el repositorio digital) y que deben llevar a las aulas, la problemática propuesta representa el desafío que los estudiantes tienen que enfrentar. Tienen que repartirse el trabajo, e inclusive, modificar roles dentro del grupo, dado que los alumnos tienen más facilidades para ciertas tareas que para otras. Existe un intercambio de conocimientos. Para el diseño hidráulico de la red que compone el primer subproblema se les proporcionó información gráfica, y material de consulta a modo de referencia. El tutor no debe ceder ante la presión de dar la solución final, y debe dejar que, a pesar de ciertas fricciones en clase, los grupos intercedan por sí mismos en la búsqueda de la solución. En este sentido 4) el docente adquiere el papel de facilitador. El profesor, que asume el rol de tutor, debe procurar que los estudiantes encuentren por ellos mismos la mejor ruta de entendimiento y gestión del problema. Por ejemplo, en el caso práctico que nos ocupa (de autoría real por el docente), fue liberando progresivamente información que hizo que la solución llegara por los propios alumnos. El diseño, como característica propia, siempre tiene una componente flexible, o artística inclusive, de forma que no hubo soluciones idénticas en los 6 grupos de trabajo. Pero cada solución debió de ser viable, y fue objeto de comentario antes de pasar al siguiente subproblema. De este modo llegamos a un factor clave del ABP: 5) Los problemas generan habilidades. Y de hecho, los alumnos que han seguido ABP han aprendido por sí mismos, con una ayuda directa muy pautada, a resolver problemas de sistemas de riego. En el cálculo del anillo hidráulico (subproblema 2), se ciñeron a una única opción de diseño proporcionada por el tutor. En este caso, su resolución sí fue, a diferencia del diseño, una solución única: el diámetro óptimo y el sistema de bombas requerido (potencia, caudal, disposición en el cuadro de bombas, etc.) La colocación de una ventosa en el punto más elevado del sistema fue objeto de un pequeño acertijo en clase, pues su determinación exacta no era tan sencilla. En este sentido 6) el aprendizaje autodirigido genera nuevo conocimiento. Durante este aprendizaje autodirigido, los estudiantes han trabajado juntos, discutiendo y comparando soluciones del campo de la ingeniería. Este aspecto del ABP es para los futuros ingenieros quizás el más importante por el saber-hacer que ello ha procurado. Una vez cerrados los 3 subproblemas, el docente vuelve a tomar una actitud activa al final del estudio del caso, comentando las diferentes vicisitudes a modo de epílogo, y en forma graciable en lo posible para hacer más amenas las clases, sobre cómo cada grupo ha llegado a “su” solución, y cual debiera haber sido la solución.

#### Evaluación del ABP

La evaluación del ABP tiene dos componentes: una relativa al rendimiento académico y otra relativa a las dificultades de implantación específicas para Ingeniería del Riego. En consonancia con estas componentes, la información recabada en el experimento ha sido de dos tipos. Cuantitativa procedente de la validación estadística, y cualitativa procedente del diario de clase. En lo que corresponde a este último, su fundamento metodológico lo encontramos en los postulados de Hammersley y Atkinson (1994) y en el caso concreto que nos ocupa ha comprendido información descriptiva procedente de la observación participante ejercida por el profesor Rodríguez durante el curso 2015-16 como docente. La necesidad de su empleo se justificó tras detectarse dificultades propias en la impartición de la materia en cuestión en el estudio piloto correspondiente. La información recopilada en el diario de clase ha sido valiosa para intentar describir aspectos contextuales y detectar necesidades específicas, tal como veremos en la discusión. La información cuantitativa, tras su tratamiento estadístico,

ha proporcionado los resultados que han dado cumplimiento al objetivo principal de la investigación referido al rendimiento académico de los alumnos.

En la aplicación del ABP han estado siempre presentes dos profesores. El proceso durante los tres cursos académicos que ha comprendido la implantación del ABP no ha sido estrictamente lineal. En algunos casos se ha requerido volver a rehacer algún paso al detectarse indicios de algún tipo de sesgo en el experimento. En este sentido la materia Ingeniería del Riego presenta dificultades adicionales con respecto a otras materias del área (construcciones agrarias, construcción y obras en el ámbito minero, etc.) Tras los resultados estadísticos y la información descriptiva recopilada en el diario de clase, se ha procurado exponer de forma pormenorizada los factores controlantes clave a los efectos de ayudar a investigadores en futuros experimentos que incluyan materias afines. En la discusión se exponen dichos factores controlantes clave.

En lo que corresponde a aspectos de validación, y para poder establecer un análisis comparado bien fundamentado metodológicamente, la asignación de grupos experimental y de control ha seguido un determinado proceso que exponemos a continuación. Los alumnos han tenido que escoger un grupo de dos posibles, con horarios diferentes. A priori no conocieron qué grupo recibiría ABP por lo que la elección se debió fundamentalmente a preferencias personales condicionadas por horarios, interferencias con otras asignaturas, etc. Una vez cerradas las listas de alumnos por grupo, y de forma aleatoria con una moneda al aire se asignó el grupo experimental a ABP y el grupo de control a MET. Desde el punto de vista metodológico el experimento es de tipo cuasi-experimental con grupos experimental y de control independiente. Se ha añadido una prueba de homogeneidad de muestras lo que ha exigido un pretest, además del postest propio de la validación estadística. La pertenencia a cualquiera de los grupos ha exigido una asistencia mínima al 80% de las sesiones. El temario para ambos grupos fue el mismo, pero el grupo de control recibió únicamente MET mientras el grupo experimental recibió MET durante las 6 primeras semanas, y el resto del cuatrimestre ABP. No todos los alumnos han participado de los grupos objeto de evaluación, existiendo 3 alumnos –todos ellos repetidores de la asignatura– que no asistieron regularmente a clase, quedando eliminados de las pruebas correspondientes para evitar distorsiones en los resultados. El tamaño de cada grupo se fijó en 22 alumnos, siendo 44 en total los sujetos implicados en la investigación. El total de matriculados en la asignatura ha ascendido a 47 alumnos para el curso 2015-16, lo que ha permitido una implantación del ABP en el grupo experimental con la atención que requiere, dado que en grupos grandes esto no sería posible. Por tanto, un número reducido de alumnos, si bien reduce la significatividad estadística a efectos de extrapolación de resultados, permite implantar un verdadero ABP, en el sentido otorgado por Woods (2012) al mismo. El período común para los dos grupos de 6 semanas de MET comprendió la base de conocimientos sobre fundamentos hidráulicos, incluyendo sistemas de tuberías, bombas hidráulicas y conducción en lámina libre. Posteriormente se desglosaron las formas didácticas, siendo el ABP a partir de entonces aplicado al grupo experimental únicamente. El grupo de control continuó con el MET sin solución de continuidad temporal, incluyendo las aplicaciones de riego localizado, riego por aspersión, canales y acequias, depósitos y balsas de riego. Las obras de drenaje se impartieron en dos sesiones finales con MET, común para los dos grupos y no siendo objeto de evaluación. El grupo experimental ha requerido de un trabajo autónomo del estudiante importante para asimilar los bloques de materias que no han tenido dedicación directa en clase conforme a un MET. Dichas materias se encuentran en forma implícita en los diferentes casos prácticos analizados en las correspondientes sesiones de ABP siendo comentadas en la solución final dada por el tutor una vez resuelto el caso en cuestión, y a medida que éste se va desarrollando en clase, tal como hemos comentado en el apartado anterior de aplicación y puesta en práctica del ABP. Los fundamentos básicos del método cuasiexperimental aplicado al ámbito de la educación han tenido en cuenta los planteamientos y ejemplos de García Llamas, Pérez Juste y Río Sadornil, (2006).

Con respecto a la evaluación del ABP, se ha tenido en cuenta tanto aspectos de eficacia como de eficiencia, a veces confundidos y netamente diferentes. Según la Real Academia Española, eficacia es la “capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera” y eficiencia la “capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado”. Dichos términos, aplicados al contexto de la investigación en cuestión, los explicamos como sigue: 1) entendemos por mayor eficacia de un tratamiento didáctico el que produce un mayor número de aprobados –en tanto que

efecto esperado– para un mismo nivel de recursos implicados, y 2) por mayor eficiencia una mayor calificación media obtenida para un mismo nivel de recursos empleados, en tanto que capacidad para disponer de dichos recursos docentes. Un tratamiento docente, por tanto, será más eficaz que otro si proporciona mejores resultados de rendimiento académico. Pero además, dicho método docente con respecto a otro será más eficiente si dicha circunstancia se produce con un mejor aprovechamiento de los recursos docentes y esfuerzo de los alumnos implicados. Esta aclaración no agota la cuestión, que podría ser incluso de un debate independiente. Aun así, hemos considerado interesante precisar estas cuestiones que en lengua castellana dan lugar a confusión. En idioma inglés, la eficacia (effectiveness) y la eficiencia (efficiency) parecen seguir ámbitos del significado del lenguaje propios. Hemos formalizado la inclusión de esta discusión a través de las metas 1 (relativa a eficiencia) y 2 (relativa a eficacia), como objetivos secundarios subsumidos al principal de la investigación.

El instrumento de medición ha consistido en pruebas objetivas para evaluación de conocimientos similares para los grupos experimentales y de control. Para más información relativa a la herramienta en cuestión se pueden consultar los antecedentes de los autores. La técnica no paramétrica seleccionada para el contraste de hipótesis ha sido la prueba de la mediana, variante de la prueba  $\chi^2$ . La técnica seleccionada es una técnica estadística robusta, adecuada al tamaño de la muestra y al tipo de datos con los que estamos trabajando con la precisión apuntada. El tamaño de los grupos impone técnicas no paramétricas para su análisis estadístico en cualquier caso. En cuanto a la selección concreta de la técnica en cuestión, el empleo de la técnica de la mediana está aconsejado en contrastes de hipótesis para estudios con diseño similar según las recomendaciones expuestas por autores solventes en la materia (García Llamas et al., 2006). El primer objetivo pragmático de un alumno de ingeniería posiblemente sea superar la asignatura en curso, independientemente de obtener una calificación elevada en primera instancia. El empleo del test de la mediana evita falsear algunas evaluaciones en las que pese a que se aprecien diferencias significativas entre los alumnos, puede resultar que las medianas se encuentran bajas, a veces incluso dentro del rango de suspenso. En ese caso no se podría hablar de éxito en la evaluación, pese a que existan diferencias significativas entre el grupo de control y experimental: obtener un 2 o un 4 de calificación implica una diferencia significativa entre ambos valores, pero no implica aprobar la asignatura. Por tanto se considera que los alumnos deben superar las pruebas objetivas en un porcentaje razonable para que el ABP sea considerado eficiente con respecto al MET. Por otra parte, dicho test de la mediana penaliza los valores que queden alejados de la mediana, afectando al valor de  $\chi^2$  empírico en forma notable.

Se han realizado un pretest en ambos grupos al efecto de comprobar si son comparables los grupos en cuestión. El test de homogeneidad de muestras, si bien no siempre es obligatorio al ser aleatoria la asignación a los grupos definidos, hemos considerado prudente realizarlo. Resultó que no existen diferencias significativas aplicando el test de la mediana al ser  $\chi^2$  teórico = 3,841 > 0,818  $\chi^2$  empírico, para un nivel de confianza del 95%, con lo cual han podido ser comparables los grupos definidos. Se estableció, tanto para el pretest como para el postest una cláusula *ceteris paribus* para toda la investigación empírica. En este sentido, la variable dependiente es el rendimiento académico y la independiente el tratamiento mediante ABP o MET. Formalmente: haber sido o no sujeto sometido a tratamiento (ABP en nuestro caso) es la variable independiente. En la evaluación, la hipótesis a falsar o verificar es “el tratamiento dado mediante ABP no afecta al rendimiento académico”. A estas dos variables, se les añade la cláusula *ceteris paribus* en cuestión, por lo que todo lo demás debe teóricamente permanecer igual si se quiere hacer un experimento conforme al método científico aplicado a un entorno social-educativo. En la práctica hay variables extrañas de difícil cuantificación, habiéndose detectado y registrado en el correspondiente diario de clase las siguientes: 1) horario de las clases variable por cada grupo y 2) interferencia de festividades para cada grupo diferente, pues no han tenido siempre los mismos días de clase. Razones operativas –imposición del Centro responsable las aulas y disponibilidad temporal de los docentes implicados– han hecho imposible controlar las variables extrañas mencionadas. No obstante, se han adoptado las siguientes medidas para que su interferencia haya sido la menor posible: 1) el pretest y postest lo han efectuado los grupos experimental y de control a la vez y en la misma aula; y 2) ambos grupos, experimental y de control, han efectuado pruebas similares. Además, la corrección de exámenes ha sido triangulada por otro profesor con docencia en el área sin docencia en los grupos GE y GC. Por último, los resultados finales han sido validados mediante un

juicio de experto proporcionado por el profesor de más antigüedad con docencia en el área, sin docencia en GE y GC, y distinto del profesor que triangula la corrección de exámenes.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se exponen los resultados y discusión correspondiente, tanto de los resultados cuantitativos resultantes de la validación estadística, como cualitativos referentes a aspectos de contexto detectados en el diario de clase. Tenemos:

*Validación estadística*

Para comprobar si existe una mejora significativa del rendimiento académico una vez recibido un tratamiento mediante ABP, se hicieron las pruebas de control (pretest y postest) y se obtuvieron las siguientes calificaciones mostradas en la tabla 1.

**Tabla 1. Resultados de la prueba de control de conocimientos por grupos.**

Pretest				Postest			
Grupo de control		Grupo experimental		Grupo de control		Grupo experimental	
1,5	3,7	1,0	4,0	3,0	5,0	3,0	6,8
2,2	3,8	2,0	4,0	3,0	5,2	3,3	7,0
2,2	4,0	2,4	4,2	3,3	5,7	4,0	7,0
2,4	4,0	2,4	4,3	3,5	6,0	4,7	7,2
2,5	4,2	2,8	4,5	3,5	6,0	5,0	7,4
2,7	4,2	3,0	4,6	3,8	6,2	5,5	7,7
3,0	4,5	3,0	5,0	4,0	6,5	5,8	7,8
3,0	4,5	3,2	5,0	4,0	7,0	6,0	8,0
3,2	5,0	3,3	5,0	4,5	7,5	6,2	8,2
3,4	5,0	4,0	5,5	5,0	7,7	6,5	8,5
3,5	5,7	4,0	5,7	5,0	8,0	6,8	8,6

Nota: Orden acorde al test de la mediana.

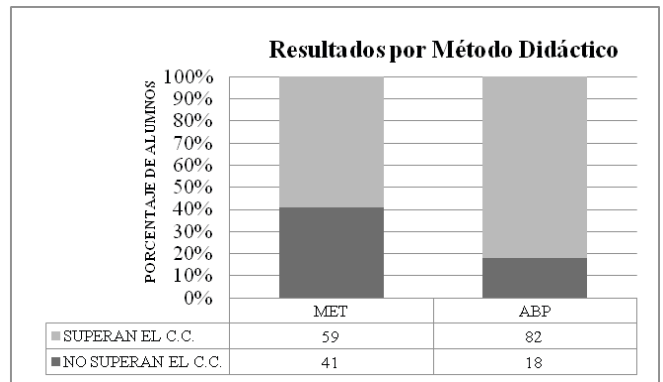
A estos resultados se les aplicó la técnica no paramétrica del test de la mediana comentado, debido al reducido tamaño de las muestras (inferiores cada grupo a 50 alumnos). Los puntos formales que definen la prueba efectuada son: 1) diseño cuasiexperimental, de dos grupos independientes, con una variable independiente y muestras pequeñas (n < 30); 2) nivel de medida ordinal; 3) hipótesis bilateral: a) H<sub>0</sub>: no existen diferencias entre ambos grupos y b) H<sub>1</sub>: existen diferencias significativas; 4) contraste no paramétrico. Prueba de la mediana, puesto que la medida empleada hace referencia a dos únicos rangos o categorías: por encima o por debajo de la mediana o lugar central de todas las puntuaciones y 5) pasos: a) obtención de la mediana de todas las puntuaciones. Md = 6,0 b) obtención de un χ<sup>2</sup> teórico para un nivel de confianza del 95% y 1 grado de libertad (χ<sup>2</sup> teórico = 3,841) y c) obtención de un χ<sup>2</sup> empírico mediante la siguiente expresión (1) que relaciona las frecuencias observadas f<sub>o</sub> y las frecuencias esperadas f<sub>e</sub>:

$$\chi^2 = \sum_{g=1}^G \sum_{c=1}^C \frac{(f_o - f_e - 0,5)^2}{f_e}$$

Se comprobó que al ser χ<sup>2</sup> teórico = 3,841 < 4,492 χ<sup>2</sup> empírico, hay diferencias significativas entre ambos grupos, a nivel de postest y para un nivel de confianza del 95%. Por tanto, se rechaza entonces la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) y se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>): existen diferencias significativas en el rendimiento académico de los alumnos de Ingeniería del Riego que han recibido un ABP frente a los que han recibido un MET. Pero además, y quizás más importante que la mera validación del test de la mediana están los datos relativos a superación (o no) de la prueba objetiva. De esta forma, el porcentaje de aprobados ha sido del 59% y 82% respectivamente para los grupos de control y experimental (Figura 2).

De los datos anteriores se deriva la nota media en ambos grupos, habiendo sido de 5,2 en el grupo de control y 6,4 en el grupo experimental. Las desviaciones típicas han sido a su vez de 1,56 y 1,61 respectivamente. La variabilidad expresada por las desviaciones típicas es pequeña. En el nivel de conocimientos actual y con los datos disponibles, se puede deducir una mejora en el rendimiento académico del grupo que recibió ABP frente al grupo que recibió únicamente MET. Además del rendimiento académico hay

otros aspectos que previsiblemente hayan mejorado, sin ser el experimento en su vertiente cuantitativa suficiente para poder evaluarlos.



**Fig. 2. Resultados porcentuales agregados comparados.**

*Información de contexto derivada del diario de clase*

El diario de clase se ha configurado como una herramienta muy interesante para proporcionar ciertas informaciones que no han sido detectadas por la validación estadística. El diario de clase se ha llevado al día siguiendo los postulados de Hammersley y Atkinson (1994), tal como comentamos con anterioridad. No ha habido dificultades especiales en el seguimiento del diario, más allá de la laboriosidad e ingente cantidad de trabajo que conlleva. No entraremos en los detalles de la gestión del diario de clase, cuyo fundamento metodológico los lectores podrán encontrar en la referencia citada. Tan solo mencionar que la información descriptiva que se va recopilando muy paulatinamente, no muestra indicios hasta bien avanzado el curso. Por tanto, es una vez culminado el trabajo de campo mediante observación participante y registro de la información descriptiva cuando realmente se pueden obtener informaciones relevantes. Las informaciones de contexto, que en síntesis hemos denominado *contexto situacional*, y que pudieran parecer triviales (climatología local con bajas temperaturas o lluvias en invierno, ambiente en el aula en la cercanía de festividades, mal ambiente social después de un infructuoso trabajo de la selección de fútbol nacional la noche anterior, etc.) se han revelado como aspectos influyentes en la buena marcha de las sesiones ABP. Por tanto, los factores contextuales influyen en el ánimo de las sesiones de ABP con mayor intensidad que en las del MET. En efecto, si el ambiente en el aula no es el más adecuado, las sesiones de ABP con una participación activa de los alumnos se verá resentida. Esto no se da igual en una sesión expositiva siguiendo un MET dado que, en estos casos, el alumno tan sólo tiene que sentarse y recibir la clase correspondiente –con mejor o peor humor-. Factores contextuales que pueden afectar, de los que ya han sido mencionados algunos, el que quizás supone mayor implicación es la cercanía a fiestas populares importantes, pues han conllevado una distracción de las mentes hacia un futuro lúdico inmediato.

Además de este factor contextual mencionado, podemos añadir que existen dificultades adicionales a la Ingeniería del Riego como asignatura a impartir, que no se presentan en otras materias. Algunos estudiantes han mostrado cierto rechazo con respecto a la hidráulica, si bien existe atracción hacia las aplicaciones del riego. A su vez hay carencias formativas en Física, lo que se traduce en dificultades para captar los conceptos de fundamentos hidráulicos requeridos. Otras materias, como por ejemplo Construcciones Agrarias muestran cierta simpatía por el deseo de conocer materias de construcción, y por tanto, la implantación del ABP ha sido más fácil.

En cuanto a la adquisición de competencias, recogidas en la guía docente de la asignatura, no se pueden evaluar todas por las pruebas objetivas. Estas competencias, que comprenden tanto específicas como transversales, se desarrollan sin una delimitación neta en cada metodología docente. El desarrollo del ABP incide especialmente en 1) la capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de toma de decisiones mediante el uso de los recursos disponibles para el trabajo en grupos multidisciplinares, 2) que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado, 3) capacidad para la resolución de problemas, 4) capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, 5) capacidad para trabajar en equipo, 6) creatividad y espíritu inventivo en la resolución de problemas

científico-técnicos y 7) capacidad de gestión de la información en la solución de situaciones problemáticas; mientras que el MET afecta sobre todo a 1) capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de ingeniería del medio rural: cálculo de estructuras y construcción, hidráulica, motores y máquinas, electrotecnia, proyectos técnicos, 2) que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio, 3) Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética; y en diferente grado al resto de competencias. El postest, como prueba objetiva tras recibir el tratamiento docente (ABP o MET), incidirá especialmente en la capacidad para la resolución de problemas. En cualquier caso debemos cuidarnos de entender esta evaluación de competencias como campos netamente definidos.

Tenemos que hacer una referencia en esta discusión al trabajo autónomo del estudiante. El trabajo autónomo del estudiante se revela fundamental en la aplicación del ABP para la materia Ingeniería del Riego. Las carencias en Ciencias Físicas, fundamentales, han obligado a preparar unos apuntes específicos, los cuales están a disposición de los alumnos en la plataforma virtual. Una colección de problemas resueltos se acompaña al material teórico para servir de ayuda. No se concibe un exitoso ABP sin un trabajo autónomo del estudiante, tanto para el fundamento hidráulico, como para el estudio en privado de aquellos temas que, por razón de la metodología ABP, no serán objeto de exposición conforme a un MET. El profesor debe dar toda la información en soporte adecuado para facilitar dicha tarea al alumnado.

Por último, para culminar esta discusión, añadimos una información adicional obtenida tras la revisión y comparación de las pruebas objetivas efectuadas en el pretest y el postest, tanto en GC como GE. Resulta que tras la revisión de las pruebas objetivas, se comprueba que se produce una mejora en los planteamientos para la resolución de los problemas en alumnos que han seguido un ABP. La secuencia de razonamiento lógico seguida en la resolución de los problemas por alumnos que han seguido un ABP presenta, en general, unas pautas más acordes con el método científico. A su vez, se han reducido los errores de cálculo en los alumnos que han seguido un ABP derivados de operaciones matemáticas incorrectas o de manejo equivocado de la calculadora. Creemos que ello se debe al entrenamiento que proporciona el ABP.

## CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas en los aprendizajes en Ingeniería del Riego entre alumnos que han participado en un programa de enseñanza basada en un ABP, y otros alumnos que han participado en un programa de aprendizaje siguiendo un MET y de realización de problemas por el docente; Se produce mejora en los planteamientos para la resolución de los problemas en alumnos que han seguido un ABP; el ABP se configura como un método didáctico eficaz, y a su vez, más eficiente que el MET combinado con el de realización de problemas por el docente; Se han reducido los errores de cálculo en los alumnos que han seguido un ABP; El contexto situacional afecta a la buena marcha de las sesiones ABP.

## BIBLIOGRAFIA

Barrett, T., Understanding problembased learning. En *Handbook of enquiry & problem based learning*, In T. Barrett, I. MacLabhairn, H. Fallon (Eds.), 2005, p. 13-25.

Barrows, H. S. y Tamblyn, R. M., *Problem-based learning: an approach to medical education*, New York, Springer Publishing Company, 1980.

Barrows, H. S., *How to design a problem-based curriculum for the preclinical years*, New York, Springer Pub. Co., 1985.

Barrows, H. S., *Simulated patients (programmed patients); the development and use of a new technique in medical education*, Springfield, Ill, Thomas, 1971, p. 8-9.

Basri, N. E. A., Zain, S. M., Jaafar, O., Basri, H., y Suja, F., *Introduction to Environmental Engineering: A Problem-Based Learning Approach to Enhance Environmental Awareness among Civil Engineering Students*, Universiti Kebangsaan Malaysia Teaching and Learning Congress 2011, 60, 36-41, 2012.

Bédard, D., Lison, C., Dalle, D., Côté, D., y Boutin, N., Problem-based and Project-based Learning in Engineering and Medicine: Determinants of Students' Engagement and Persistence., *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6 [2], 2012.

Branda, L. A., El aprendizaje basado en problemas. De heregía artificial a res popularis, *Educación Médica*, 12 [1], 11-23, 2009.

Carrión, C., Soler, M. y Aymerich, M., *Análisis de la Validez de Contenido de un Cuestionario de Evaluación del Aprendizaje Basado en Problemas, Un Enfoque Cualitativo, Formación Universitaria*, 8[1], 13-22, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062015000100003>

Chau, K. W., Problem-based learning approach in accomplishing innovation and entrepreneurship of civil engineering undergraduates, *International Journal of Engineering Education*, 21[2], 228-232, 2005.

Eragin, Programa de formación del profesorado en metodologías activas de enseñanza. Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 2012, Recuperado de <http://www.chu.eus/es/web/sae-helaz/eragin>

Fernández, F.H. y Duarte, J. E., El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería, *Formación Universitaria*, 6 [2], 29-38, 2013.

García Llamas, J.L.; Pérez Juste, R. y Río Sadornil, D., *Problemas y diseños de investigación resueltos* (3ª edición revisada y ampliada), Dykinson, Madrid, 2006.

Hammersley, M. y Atkinson, P. *Etnografía, Métodos de investigación*, Editorial Paidós, Barcelona, 1994.

Latasa, I., Lozano, P. y Ocerinjauregi, N., Aprendizaje basado en problemas en currículos tradicionales: Beneficios e inconvenientes, *Formación Universitaria*, 5 [5], 15-26, 2012.

Loncar-Vickovic, S., Dolacek-Alduk, Z., y Stober, D., Use of problem-based learning in higher education: student workshops at the faculty of civil engineering in osijek, *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, 15[4], 35-40, 2008.

Lorenzo, R.A., Fernández, P. y Carro, A.M., Experiencia en la Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas en la Asignatura Proyecto de Licenciatura en Química, *Formación Universitaria*, 4[2], 37-44, 2011.

Mercier, J., y Frederiksen, C. H., Individual differences in graduate students' help-seeking process in using a computer coach in problem-based learning, *Learning and Instruction*, 17[2], 184-203, 2007.

Mettas, A. C. y C. C. Constantinou, The technology fair: a project-based learning approach for enhancing problem solving skills and interest in design and technology education, doi: 10.1007/s10798-006-9011-3, *International Journal of Technology and Design Education*, Dordrecht, The Netherlands, 18 (1), 79-100, 2008.

Mgangira, M. B., Integrating the development of employability skills into a civil engineering core subject through a problem-based learning approach, *International Journal of Engineering Education*, 19[5], 759-761, 2003.

Orlik, Y. Química: Métodos activos de enseñanza y aprendizaje. Iberoamerica Publ., Mexico, 2002, 358 pp. Capítulo 2. Métodos de la enseñanza de química.

Paje, S. E., Bueno, M., y Luong, J., *Fundamentals of physics for the civil engineering degree: problem based learning (pbl)*. Inted2011: 5th International Technology, Education and Development Conference, 5702-5706, 2011.

Ribeiro, L. R. D., y Mizukami, M. D. N., Student assessment of a problem-based learning experiment in civil engineering education, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 131[1], 13-18, 2005.

Robledo P., Fidalgo, R., Arias, O. y Álvarez Fernández, L., Percepción de los estudiantes sobre el desarrollo de competencias a través de diferentes metodologías activas, *Revista de Investigación Educativa*, 33[2], 369-383, 2015.

Rodríguez, C.A., *Diseño, aplicación y validación de un ABP en estudiantes universitarios de ingeniería de la construcción* (Tesina inédita de maestría), Universidad de Sevilla, 2014.

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M., A review of Problem-Based Learning applied to Engineering, *International Journal on Advances in Education Research*, 3 [1], 1-6, 2016.

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M., Evaluación de un Aprendizaje Basado en Problemas en Estudiantes Universitarios de Construcciones Agrarias, *Formación Universitaria*, 10 [1], en prensa, 2017.

Santillán, F., El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning, *Revista Iberoamericana de Educación*, 40[2], 1-5, 2006.

Shinde, V. V. e Inamdar, S. S., *Problem Based Learning (PBL) for Engineering Education in India: Need and Recommendations*. Wireless Personal Communications, *An International Journal*, 69[3], 1097-1105, 2013.

Torres, J., Preto, C. y C. Vasconcelos, Problem based learning environmental scenarios: an analysis of science students and teachers questioning, *Journal of Science Education*, 14(2), 71-74, 2013.

Vega, F., E. Portillo, M. Cano y Navarrete, B., Experiencias de aprendizaje en ingeniería química: diseño, montaje y puesta en marcha de una unidad de destilación a escala laboratorio mediante el aprendizaje basado en problemas, *Formación Universitaria*, 7[1], 13-22, 2014.

Woods, D. R., PBL: An Evaluation of the Effectiveness of Authentic Problem-Based Learning (aPBL), <http://www.che.ufl.edu/cee/Journals/Spring%202012%20v46.2/Woods462.html>, ISSN: 0009-2479, *Chemical Engineering Education*: 46(2), 135-144, 2012.

Yadav, A., Subedi, D., Lundeberg, M. A. y Bunting, C. F., Problem-based Learning: Influence on Students' Learning in an Electrical Engineering Cours, *Journal of Engineering Education*, 100[2], 253-280, 2011.

Received 9-05-2016 /Approved 15-05-2017