

LA ENSEÑANZA EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA INGENIERÍA CIVIL. PROPUESTA DE MODELO EDUCATIVO CENTRADO EN EL ESTUDIANTE.

Manuel Pulido-Velázquez
mapuve@hma.upv.es

David Pulido-Velázquez
dapuve@doctor.upv.es

Universidad Politécnica de Valencia

Resumen

La complejidad de los problemas relacionados con la gestión del agua y la existencia de objetivos múltiples en conflicto hace necesaria la adopción de un enfoque multidisciplinar e integral. En este artículo se presenta una propuesta de modelo educativo para la disciplina de Planificación y Gestión de Recursos Hídricos en Ingeniería Civil (Ingeniería de Caminos e ITOP), centrado en el estudiante de acuerdo con los siguientes postulados: atención al nivel de desarrollo y disponibilidad para el aprendizaje de los alumnos, aprendizajes significativos y funcionales, atención a la participación en las situaciones de aprendizaje, atención a la interacción dentro de las situaciones de aprendizaje (alumnos-profesores y alumnos entre sí), y consideración de perspectivas complementarias (a veces en conflicto) de la misma realidad, integrando aspectos ingenieriles, ambientales, sociales y económicos.

Se propone para ello una metodología activa en la que el alumno sea una parte fundamental de su propio aprendizaje, en consonancia con el espíritu de innovación docente del proceso de convergencia europea, en la que se combinan diferentes métodos docentes, modalidades organizativas y estrategias de evaluación. Junto con la lección magistral participativa, se analiza el papel del aprendizaje basado en proyectos, la resolución de problemas, los Seminarios, las Conferencias y las visitas técnicas. Por último, se propone una estrategia evaluativa formativa e integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que refuerce y a la vez evalúe la adquisición de las distintas competencias establecidas.

Introducción

La gestión óptima de los recursos hídricos es sin duda uno de los retos cruciales del siglo XXI. En el ámbito de la Planificación y Gestión de Recursos Hídricos (PGRH), dada la creciente complejidad de los sistemas, el alto grado de aprovechamiento de los recursos y la existencia de objetivos múltiples (económicos, ambientales y sociales) con frecuencia en conflicto, es necesaria la participación de muchas disciplinas, además de la Ingeniería. La tendencia actual consiste en considerar no sólo la gestión de la oferta hídrica, sino también de la demanda, de la calidad del recurso y de los ecosistemas asociados. Las técnicas de análisis de sistemas han añadido una nueva dimensión a la ciencia de la planificación y toma de decisiones, proporcionando herramientas fundamentales para identificar, evaluar y seleccionar opciones de planificación y de gestión entre todas las alternativas factibles. Es evidente que para abarcar los problemas de gestión de recursos hídricos en su globalidad es necesario disponer de conocimientos que van desde las Matemáticas y las Ciencias Naturales (Física, Química, Biología, Ecología, etc.) a las Ciencias Sociales (Economía, Sociología, Leyes, Administración Pública, Política, etc.), pasando por las Ciencias Aplicadas (Ingeniería Agronómica, Civil, Industrial, Urbanismo y Ordenación del territorio, etc.).

Tradicionalmente los ingenieros civiles hidráulicos (ICCP e ITOP-Hidrología) han jugado un papel fundamental en la gestión de los recursos hídricos, ocupando puestos de responsabilidad en los organismos de cuenca, así como en las diversas administraciones locales, autonómicas y estatales con competencias relacionadas con los recursos hídricos. La formación recibida por el ingeniero civil en el ámbito de la ingeniería hidráulica le ha permitido afrontar con éxito tanto el diseño y la construcción de obras y aprovechamientos hidráulicos como la explotación de las mismas. Nuestro país ha ocupado en varias épocas de su historia un lugar eminente en la realización y utilización de obras hidráulicas. Sin embargo, también ha existido un cierto retraso histórico en diversos aspectos de la gestión de los recursos hídricos en España (por ejemplo, en la atención preferente a las aguas superficiales y la escasez de estudios de las subterráneas y el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas; en la escasa atención a la economía del agua; escasa atención a los problemas de contaminación de aguas y los efectos ambientales y ecológicos; en el retraso en la modernización de regadíos y la aplicación de técnicas de ahorro, etc.). Se ha señalado como posible causa de este retraso el que la gestión del agua es en esencia interdisciplinar mientras que en nuestro país, durante mucho tiempo cada rama de las actividades hidráulicas ha sido patrimonio de un grupo profesional: "el espíritu de cuerpo constituye una rémora para el desarrollo de actividades que requieren el concurso de especialistas en diversas materias" (Díaz-Marta, 1980).

Está claro que los retos a los que se enfrenta hoy en día el profesional para diseñar y gestionar sistemas de recursos hídricos responden a un contexto multiobjetivo complejo, lo cual exige necesariamente un enfoque integral y multidisciplinar. Así, la nueva Directiva Marco del Agua europea (DMA, 2000) establece un nuevo marco comunitario en materia de política de aguas, poniendo el énfasis en los aspectos ambientales y económicos y en la gestión integral y participativa de los recursos hídricos a escala de cuenca. La Directiva requiere un buen estado de todas las masas de agua (superficiales y subterráneas; costeras e interiores) para el año 2015, considerando aspectos cuantitativos, químicos y ecológicos. El desarrollo de modelos para estudiar todos estos aspectos ha sido considerado un deber de la comunidad científica en las últimas décadas, lo cual ha propiciado el avance decisivo del conjunto de técnicas y procedimientos que constituyen la ingeniería de recursos hídricos.

Hoy en día se pueden ver equipos de trabajo multidisciplinarios en las empresas de consultoría involucrados en la elaboración de estudios técnicos para gestión de recursos hídricos, y también una mayor presencia de distintos colectivos profesionales en las diversas Administraciones hidráulicas en España. Se organizan congresos y jornadas sobre gestión del agua en las que participan conjuntamente especialistas de distintos campos profesionales, y las revistas de mayor impacto que tratan la gestión de recursos hídricos, tanto a nivel nacional como internacional, incluyen de forma habitual aportaciones de especialistas de campos muy diversos (ej. *Water Resources Research*). Por otro lado, los planes de estudios de los ingenieros civiles se han completado bastante, y actualmente los alumnos de ingeniería civil reciben o tienen opción a una mayor formación en temas de planificación y gestión de recursos hídricos, hidrología subterránea, calidad de aguas y medio ambiente, etc.

El aprendizaje en Planificación y Gestión de Recursos Hídricos (PGRH) tiene un rasgo distintivo con respecto a la mayor parte de las materias que constituyen los estudios de Ingeniería Civil. Este rasgo es la necesidad de que el alumno asimile el enfoque integral que es necesario para la comprensión de la complejidad del diseño y la gestión de sistemas de recursos hídricos. La gestión de recursos hídricos conlleva la necesidad de atender a tres sistemas interdependientes (Loucks y Van Beek, 2005):

- El *subsistema natural* de la cuenca, en el que tiene lugar los diversos procesos físicos, químicos y biológicos.
- El *subsistema socio-económico*, que incluye las actividades humanas relacionadas con el uso de los sistemas naturales.
- El *marco administrativo y legal* en el tienen lugar los procesos de decisión, planificación y gestión.

El alumno debe conocer las características básicas de esos subsistemas y su interacción, y su repercusión a la hora de optimizar el diseño o la gestión de los recursos hídricos. Esto exige al alumno un importante esfuerzo para integrar conceptos y herramientas que proceden de diversas disciplinas, en ocasiones alejadas de las puramente ingenieriles, como pueden ser las Ciencias Sociales, la Economía, o el Derecho.

En este artículo se presenta una propuesta de modelo educativo multidisciplinar para PGRH centrado en el estudiante de acuerdo con los siguientes postulados: atención al nivel de desarrollo y disponibilidad para el aprendizaje de los alumnos, aprendizajes significativos y funcionales, aprender a aprender y uso comprensivo de la memoria, atención a la participación en las situaciones de aprendizaje, atención a la interacción dentro de las situaciones de aprendizaje (alumnos-profesores y alumnos entre sí), y consideración de perspectivas complementarias (a veces en conflicto) de la misma realidad, integrando aspectos sociales, ingenieriles, ambientales y económicos.

Descripción de la asignatura y objetivos

La asignatura de Planificación y Gestión de Recursos Hídricos (PGRH) forma parte de la materia troncal Obras y Aprovechamientos Hidráulicos y Energéticos en el cuarto curso del vigente Plan Integral de Estudios de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (PIE-IC) de 1997 (BOE nº 121 de 21 de mayo de 1997) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPVLC). Dicha materia troncal está adscrita, entre otras, al área de conocimiento de Ingeniería Hidráulica. Por otro lado, la asignatura también se imparte en la titulación de Ingeniero Técnico de Obras Públicas, especialidad Hidrología (ITOP-H), como diversificación de la materia troncal Gestión de Recursos Hidráulicos. En el caso de ITOP, la asignatura es troncal para la especialidad de Hidrología en tercer curso, mientras que en ICCP es troncal de cuarto curso, previamente a la elección de bloques de intensificación en quinto curso. Se trata por tanto en ambos casos de alumnos de cursos avanzados, que ya han recibido un bagaje importante de conocimientos básicos, mayoritariamente físico-matemáticos y básicos-tecnológicos.

La naturaleza interdisciplinar de los problemas del agua requiere métodos para integrar los aspectos técnicos, económicos, ambientales, legales y sociales en un marco coherente que permita el desarrollo de estrategias eficientes en la gestión del agua. Esta asignatura permite dar al ingeniero civil una formación básica en conceptos, métodos, y herramientas para la gestión de recursos hídricos, que le permita adaptarse e innovar dentro de un nuevo paradigma de política hidráulica y un nuevo entorno de trabajo más interdisciplinario, complejo y dinámico. Para ello es necesario que comprenda el marco institucional, económico y legal básico en que se desarrolla la gestión de recursos hídricos, y que conozca los métodos de evaluación de recursos y demandas. Los objetivos de la asignatura los podemos enumerar como:

- Objetivos conceptuales:
 - Conocer la problemática y los fines de la gestión de recursos hídricos y su traducción en términos de criterios de planificación, diseño y operación del sistema
 - Conocer el marco institucional y legal básico en que se desarrolla la gestión de recursos hídricos
 - Comprender la importancia y casuística de los datos hidrológicos, y su papel en la evaluación y gestión de los recursos hídricos
 - Conocer las variables socioeconómicas y ambientales involucradas en la gestión de sistemas de recursos hídricos
- Objetivos procedimentales:
 - Capacidad para evaluar los recursos hídricos de un territorio
 - Capacidad para dimensionar infraestructura de regulación y definir reglas de operación de sistemas de recursos hídricos
 - Capacidad para analizar el rendimiento de sistemas de recursos hídricos bajo distintos escenarios hidrológicos o diferentes alternativas de diseño - operación
- Objetivos actitudinales:
 - Desarrollar capacidad de razonamiento crítico, de análisis y de síntesis; capacidad de toma de decisiones cuando hay múltiples criterios; capacidad de trabajo en equipo y en entorno multidisciplinar; y desarrollo de la autonomía de aprendizaje e iniciativa personal

Metodología de enseñanza-aprendizaje

La delimitación de las metodologías de trabajo a utilizar debe tener presente tanto el contexto disciplinar de la materia, como el organizativo específico de la institución, todo ello focalizado hacia las competencias a adquirir por los alumnos. Podemos distinguir tres componentes fundamentales en las metodologías de enseñanza-aprendizaje (De Miguel, 2006): el componente organizativo (*modalidades*), el componente procedimental (*métodos*) y las estrategias evaluativas. La mejor forma de conseguir el objetivo de que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo es enfrentándolos a situaciones en las que tiene que utilizar estrategias de búsqueda de información, aplicar los nuevos conocimientos para la solución de problemas realistas, tomar decisiones y trabajar de forma autónoma, reflexiva y crítica (De Miguel, 2006; p. 23). Y estos procesos se deben dar de una forma u otra en todas las situaciones de aprendizaje, independientemente de la modalidad organizativa y del método utilizado en cada caso.

En la materia que nos ocupa se propone una metodología activa en la que el alumno sea una parte fundamental de su propio aprendizaje, en consonancia con el espíritu de innovación docente del proceso de convergencia europea. Esto implica por parte del profesor una mayor capacidad y un esfuerzo decidido para lograr una motivación del alumno para el autoaprendizaje, promoviendo una actitud crítica de búsqueda, descubrimiento y creación personal. La metodología se basa en la combinación de diferentes métodos, modalidades organizativas y estrategias de valuación:

- *Clases de Teoría*, en las que se presentan los principales contenidos teóricos de la asignatura mediante el método expositivo o lección magistral, pero haciendo hincapié en su dinamismo (presentación de ejemplos de casos reales, utilización de medios audiovisuales, etc.) y en que sea verdaderamente participativa, fomentando que el alumno exprese diferentes puntos de vista.

- *Problemas y proyectos*, con los que se pretende que los estudiantes asuman una mayor responsabilidad en su propio aprendizaje.
- *Seminarios* en los que se construye conocimiento a través de la interacción y la actividad.
- *Conferencias y Visitas Técnicas* que complementan la formación del estudiante, permitiendo además un primer contacto con el mundo profesional.
- *Evaluación* formativa.

Aprendizaje basado en problemas

En las clases de problemas se resuelven cuestiones, ejercicios y supuestos prácticos de poca extensión que refuerzan los conceptos planteados en las clases de teoría y permitan el desarrollo de las competencias establecidas para la asignatura. Se encamina con ello a los alumnos a rescatar, comprender y aplicar lo que aprenden como una herramienta para resolver problemas. Estas clases sirven además de indicador del grado en que los alumnos han comprendido los conceptos teóricos. Al realizar estas clases inmediatamente después de las teóricas, se permite al alumno conectar rápidamente los conceptos teóricos con la aplicación práctica. Algunos de estos ejercicios son planteados por el profesor para que los alumnos intenten su resolución durante la propia clase. Otros ejercicios son facilitados a los alumnos dentro de relaciones de problemas que deberán resolver de forma individual y e ir entregando a lo largo del curso para su evaluación. Tras la fecha de entrega, estos problemas serán resueltos y comentados en clase.

Los problemas refuerzan el aprendizaje en cada una de las unidades didácticas de la asignatura, completando su formación en la aplicación de conceptos y métodos de hidrología, economía, y ciencias ambientales en la gestión de recursos hídricos.

Aprendizaje basado en proyectos (las “prácticas”) y aprendizaje cooperativo

Un aspecto central del modelo educativo que se propone para PGRH es el aprendizaje basado en proyectos (ABP), o Project/Problem Based Learning (PBL). En Europa, la Universidad de Aalborg (Dinamarca) utiliza desde su fundación (1974) este método docente en todas sus titulaciones; la Universidad de Delf (Holanda) y la NTNU noruega también lo aplican (Stive y Wasmus, 2003). En España, el PBL no se ha implantado de forma generalizada en ninguna titulación de Ingeniería, pero se ha puesto en práctica en ciertas asignaturas de Escuelas de Arquitectura y de Caminos, como por ejemplo en la Escuela de Caminos de Ciudad Real, lo que se ha convertido en una de sus señas de identidad (Menéndez, 2003).

Frente a los problemas, el ABP permite que los alumnos trabajen en casos prácticos más elaborados y completos, preferiblemente reales, en los que tiene que aplicar e integrar de forma transversal las habilidades y conocimientos adquiridos en las distintas unidades didácticas. El hecho de estar resolviendo un caso real, profesional y actual es además motivante para el alumno.

En la asignatura de PGRH se llevan a cabo cuatro proyectos (prácticas) a trabajar en grupos (de tres) a lo largo del cuatrimestre, diseñadas con base en casos de estudio reales sobre gestión de sistemas de recursos hídricos en situaciones diversas (sequías, avenidas, calidad, etc.), para que los alumnos se enfrente a problemas prácticos que manifiesten el carácter multidisciplinar de la materia. Se estimula con ello la participación activa del alumno

en el proceso de aprendizaje, promoviendo además su capacidad de análisis crítico, su capacidad de síntesis, la iniciativa, la creatividad, la gestión de la información, la toma de decisiones, y la destreza para la comunicación escrita, al tener que redactar informes para cada práctica. También se estimula la habilidad del alumno en la comunicación, ya que cada grupo presentarán oralmente los resultados y conclusiones obtenidas al resolver una de las prácticas

La primera práctica consiste en la modelación y análisis del ciclo hidrológico en régimen natural y en régimen influenciado en una cuenca hidrográfica. El alumno desarrollará un modelo de simulación lluvia-escorrentía para la evaluación de los recursos hídricos de la cuenca, integrando las principales variables del ciclo hidrológico (lluvia, evapotranspiración, humedad del suelo, infiltración y percolación a acuíferos, escorrentía superficial, escorrentía subterránea y aportación fluvial). Tras la evaluación de la escorrentía total en régimen natural, se introducen distintas hipótesis de alteración del ciclo hidrológico (cambios en los usos del suelo, bombeos en los acuíferos, detracción de caudales superficiales, etc.) para que se analicen los impactos antrópicos sobre los caudales naturales en la cuenca.

En la segunda práctica se realiza un análisis estadístico de las series temporales de aportaciones en la cuenca. Mediante simulación de Monte Carlo (generando series sintéticas) se analizan incertidumbres y riesgos en la disponibilidad de recursos y en la presentación de sequías. Se caracterizan estadísticamente las sequías, se analiza su impacto potencial y se diseñan medidas para mitigar su impacto.

La tercera práctica consiste en el desarrollo de un modelo de simulación integral de gestión de recursos hídricos en una cuenca, "ad-hoc" para un caso de estudio específico. Para ello se considerará tanto la hidrología superficial y subterránea (y la interacción entre ambas) como la infraestructura hidráulica más relevante y las distintas demandas de agua de la cuenca, incluyendo los usos ambientales. Se estudiarán las reglas de explotación óptimas del sistema (mecanismos de asignación y prioridades, reglas de gestión de embalses, y uso conjunto aguas superficiales y subterráneas) para el cumplimiento de diversos objetivos ambientales, económicos y sociales.

En la cuarta práctica se aplicará un sistema de apoyo a la decisión para la gestión de sistemas de recursos hídricos, AQUATOOL (Andreu et al., 1996), que nos permite la gestión en tiempo real de los recursos con anticipación a sequías, con base en la evaluación del riesgo en la toma de decisiones mediante el análisis de series sintéticas de aportaciones (práctica 2). El modelo desarrollado mediante el SAD se aplicará a un caso práctico correspondiente a un sistema complejo de recursos hídricos para el que se dispone de la información necesaria (ej. Tajo, Segura, Duero, etc.). Se analizarán estrategias de gestión de la cantidad y de la calidad del recurso que permitan alcanzar los objetivos establecidos en la Directiva Marco del agua.

La metodología PBL se lleva a cabo bajo diferentes modalidades organizativas: clases de prácticas en aula (se explica el enunciado y cálculos principales a realizar), prácticas en aula de informática (se utilizan los ordenadores como apoyo en la resolución de las prácticas) y trabajo no presencial del alumno, autónomo y en grupo.

El que las prácticas se resuelvan en grupos fomenta tanto el aprendizaje autónomo como el aprendizaje cooperativo mediante el estudio y trabajo en grupo. La habilidad para el trabajo en grupo resulta crítica en un campo como el de la PGRH, en el que los profesionales trabajan en equipos multidisciplinares junto con los diversos grupos de interés

y se consideran objetivos no conmensurables para alcanzar buenas (y no “correctas”) soluciones (Watkins, 2007).

Un problema con el ABP es que es necesario dedicar bastante esfuerzo y tiempo para preparar un buen caso de estudio, y además se requiere disponer de la adecuada información y datos para su preparación. Existen recursos para docentes que quieren preparar casos de estudio por primera vez. Así, existe una Librería de Casos en Ingeniería (ECL, 2005), auspiciada por la Sociedad Americana de Educación en Ingeniería. Por otro lado, la Sociedad Americana de Ingeniería Civil (ASCE) ha establecido un grupo de trabajo para desarrollar y diseminar un conjunto de casos de estudio en ingeniería de recursos hídricos y ambiental para su uso en clase (Watkins et al., 2007).

Seminarios

Se considera aquí la acepción amplia de “seminario” como espacio para el intercambio o debate, a través de sesiones monográficas supervisadas con participación compartida (profesor, estudiantes, expertos, etc.). Los alumnos prepararán por grupos reducidos (máximo cinco estudiantes) distintas secciones del tema a tratar, las expondrá en clase y se debatirá sobre el mismo.

Se considera la realización de 3 seminarios:

- Sobre el Plan Hidrológico Nacional (2 horas)
- Sobre el Plan Hidrológico del Júcar (1 hora)
- Sobre el seguimiento de indicadores de sequía y protocolo de actuación en la Confederación Hidrográfica del Júcar (1 hora)

La característica fundamental de estas modalidades de enseñanza es la interactividad, el intercambio de experiencias, la crítica, la experimentación, el diálogo, la discusión. Se desarrolla el espíritu crítico y prepara para la toma de decisiones, la defensa de argumentos y el contraste de opiniones con los demás componentes del grupo. Esta participación activa supone que en su diseño son necesarios la preparación previa y el aporte de materiales, así como el establecimiento de las condiciones para su correcto desarrollo. Frente a las clases expositivas, donde el protagonismo de la enseñanza es del profesor, en los seminarios el protagonismo está en la actividad desarrollada por el grupo.

Conferencias

Dentro del modelo organizativo de prácticas de aula se consideran dos clases con formato de conferencia, a impartir por profesionales expertos en la materia:

- Sobre los mapas de riesgo de inundación de PATRICOVA y su repercusión en la ordenación del territorio (1 hora)
- Sobre el Plan Global frente a la Inundaciones en la Ribera del Júcar (1 hora)

Con esta actividad se pretende que el alumno reciba información por expertos en un tema específico, y dialogue e interactúe con ellos.

Visitas técnicas

Se considera una única visita técnica, a llevar a cabo fuera del horario lectivo, consistente en la visita a la Confederación Hidrográfica al Júcar y, en especial, la presentación de su Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), el primero implementado en España. La duración prevista de la visita es de 3 horas. Con esta actividad

se pretende que el alumno conozca mejor los organismos de cuenca responsables de la gestión del agua en España, dialogue e interaccione con los profesionales de la Confederación, y reciba información in-situ sobre los sistemas SAIH (elemento clave para la gestión de cuencas) directamente de los técnicos implicados en su funcionamiento.

Evaluación

La evaluación constituye una parte sustantiva del proyecto formativo, ya que permite adquirir la información necesaria, y con ella, los elementos de juicio, para evaluar el binomio enseñanza-aprendizaje, verificando así el grado de cumplimiento de los objetivos docentes previstos, y reorientando, en su caso, total o parcialmente, el proceso. La evaluación sirve de elemento de control del proceso de aprendizaje y, a la vez, de refuerzo realimentando el interés y la tensión que exige la vida universitaria (“evaluación formativa”): el sistema de evaluación utilizado tiene una gran influencia sobre la actitud del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje, condicionando el qué se aprende y el cómo trabaja el alumno. Por otro lado, la formación que la Universidad ofrece tiene un carácter netamente profesionalizador y de “acreditación”: en cierto sentido, la Universidad garantiza que los alumnos que superan los estudios completan su formación y desarrollan determinadas competencias profesionales alcanzando el nivel suficiente como para poder ejercer la profesión correspondiente a los estudios realizados (Marín, 2006). Esta doble dimensión (formativa y de acreditación) constituye un elemento básico a la hora de analizar el sentido en la evaluación en la Universidad (Zabalza, 2005).

En el marco del proceso de convergencia europea, la evaluación del aprendizaje debe ser coherente con los nuevos objetivos, contenido y métodos de enseñanza que se propugnan. Esto supone enriquecer los métodos tradicionales de evaluación principalmente en (Benito y Cruz, 2005):

- Explotar las oportunidades que la evaluación ofrece para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo cual implica que la evaluación tendrá que ser un proceso transparente y formativo
- Encontrar maneras alternativas de evaluar otro tipo de aprendizajes (habilidades, actitudes, destrezas), además de los estrictamente relacionados con la adquisición de aprendizaje de corte teórico.

La evaluación debe integrarse en el proceso docente y potenciar su dimensión formativa, al proporcionar retroalimentación al estudiante y al profesor sobre el grado de consecución de los objetivos planteados y sobre las carencias y bondades del método docente utilizado.

Con estos objetivos se diseñan las siguientes pruebas de evaluación para la asignatura de PGRH:

- *Examen parcial*, que comprende los módulos 1 y 2 del temario (un 50% de la asignatura). Este examen es de carácter voluntario, y permite al alumno eliminar materia de examen para la prueba final. Además, proporciona al profesor y al estudiante la retroalimentación necesaria para evaluar la marcha del curso. Se trata por tanto de una evaluación formativa del proceso.
- *Examen final*, en el que el alumno demuestra el grado de cumplimiento de los objetivos y competencias atribuidas a la asignatura al final del período de aprendizaje. Se trata por tanto, de la característica evaluación sumativa final en la que se certifica

que el alumno ha alcanzado una formación suficiente. En caso de que el alumno haya superado el examen parcial, se examinaría de los dos últimos módulos del curso.

- Preguntas abiertas al final de la clase
- Evaluación de Problemas
- Evaluación de Prácticas (proyectos)
- Evaluación de presentaciones en Seminarios

La calificación final se basa en la integración de los resultados de evaluación de todas estas actividades. En cuanto a la técnica de evaluación, se aplicarán algunas de las técnicas cuyas características competenciales se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Técnica de evaluación y características competenciales
(fuente: adaptada de ice-upv, 2006, p. 21, y de yániz y villardón, 2006, p. 105)

TÉCNICAS DE EVALUACION	Aprendizaje conceptual	Aprendizaje procedimental	Actitudes y valores
Presentación oral	XX	X	
Prueba abierta	XX	X	
Prueba objetiva	XX		
Mapa conceptual	XX	X	
Trabajo académico	XX	X	
One minute paper	XX	X	
Proyecto	XX	XX	XX
Observación	X	XX	XX

El examen parcial será una *prueba cerrada u objetiva de elección múltiple* (o prueba tipo test). Este tipo de pruebas presenta ventajas como que son fáciles de valorar y la objetividad y fiabilidad están aseguradas. Sin embargo, su formulación correcta es complicada y no sirven o son muy limitadas para evaluar algunas capacidades cognitivas del alumno como la capacidad de expresión escrita, sus procesos de razonamiento lógico y deductivo, o su capacidad de aplicación de los conceptos teóricos en las deducciones prácticas. La prueba consta de entre 30 y 40 preguntas con cuatro alternativas asociadas de las que sólo una es correcta. Las respuestas incorrectas se ponderan negativamente restando el número de respuestas incorrectas dividido por el número de alternativas menos uno. Se obtiene el aprobado y se elimina materia con 5 puntos sobre 10. El suspenso no cuenta en la evaluación final.

El examen final se diseñará como una *prueba escrita de respuesta abierta*, en el que se plantea al alumno cuestiones teóricas y prácticas que el alumno puede desarrollar con libertad. En el diseño de ambas pruebas se tendrá en cuenta su capacidad para evaluar el logro de las competencias y objetivos que el alumno debe trabajar en la asignatura. Se prevén 10 preguntas, en las que no sólo se ponga de manifiesto los conocimientos

adquiridos, sino también la capacidad del alumno para aplicarlos a la resolución de casos prácticos.

La evaluación se completa con el planteamiento de preguntas abiertas por sorpresa al final de algunas clases (*técnica "one-minute paper"*). Este procedimiento ha sido aplicado en la asignatura de ITOP-H, con muchos menos alumnos (30) que en ICCP (sobre 100). Consiste en plantear una o dos preguntas abiertas al final de la clase para que el alumno responda por escrito en unos minutos. Algunas preguntas pueden estar relacionadas con los juicios o impresiones del alumno, como son las del tipo: *de lo explicado hoy, ¿qué te parece más importante, o más útil, o te ha sorprendido más ... o qué puntos permanecen más oscuros?, ¿te ha resultado clara la exposición de hoy?, ¿te ha parecido útil la discusión?*. Estas preguntas proporcionan una importante retroalimentación al profesor en relación con la bondad de la metodología docente adoptada, y no son objeto de evaluación. También se pueden plantear preguntas sobre aspectos concretos, de verificación de lo aprendido en esa misma clase, del tipo *¿cómo definirías ...?, o Relación de ... con ...; ¿qué estrategias sería más válida en esta situación?*. Este tipo de preguntas pueden ser evaluadas. En nuestra experiencia, el que los alumnos sepan que al final de las clases se podría hacer este tipo de preguntas que podrían contar positivamente para su evaluación final, supone un incentivo a la atención y actitud participativa del alumno en clase, y una importante retroalimentación para el profesor y para el estudiante. Se prevé hacer una prueba de este tipo al mes, unas cuatro en el curso.

La resolución de las *relaciones de problemas* previstas a lo largo del curso también se evalúa. Se considera importante que el profesor dedique algunas de las clases de prácticas en el aula a la discutir con los alumnos y resolver las dificultades que hayan encontrado en los problemas. Es importante también facilitar la nota obtenida en cada relación de problemas con tiempo para que sirvan de retroalimentación al alumno.

Se evalúan también las cuatro *prácticas o proyectos* a resolver a lo largo del curso. La evaluación se basará en la memoria entregada por el grupo y en la presentación oral que realicen sus miembros de una de las cuatro prácticas del curso. Se valorarán no sólo los resultados finales (además, con frecuencia no hay una solución única a los proyectos o casos planteados) sino también el planteamiento, el proceso de resolución y la presentación oral del proyecto. En este caso, la nota de las prácticas es la misma para cada componente del grupo, ya que se evalúa el trabajo conjunto. El esfuerzo del profesor para la corrección de estos trabajos es importante, ya que el aprovechamiento de los mismos por parte de los alumnos se apoya mucho en la retroalimentación y análisis crítico que realiza el profesor.

Por último, se evalúa la participación del alumno en los Seminarios, lo que permite valorar la capacidad del alumno para la exposición oral, el trabajo en grupo y la defensa oral de argumentos.

Conclusiones

En la enseñanza de la PGRH es necesario adoptar una perspectiva centrada en el alumno que le permita aprender a aplicar conceptos, métodos y herramientas para la toma de decisiones en PGRH, y adaptarse e innovar en un campo de trabajo complejo y dinámico mediante un enfoque multidisciplinar e integral. La experiencia obtenida en la docencia de la asignatura de PGRH nos demuestra que se puede lograr un aprendizaje activo, significativo y multidisciplinar mediante la combinación de diferentes métodos docentes, modalidades organizativas y estrategias de evaluación en las que el alumno participe de forma activa,

contribuyendo al desarrollo de las habilidades necesarias para la resolución de problemas y que no son impulsadas por la mera lección magistral.

Para ello, se considera que el aprendizaje basado en proyectos, enfrentando al alumno a casos de estudio adecuados, estimula su participación activa en el proceso de aprendizaje, el aprendizaje cooperativo y las competencias interpersonales de trabajo en equipo. La experiencia adquirida en la aplicación del aprendizaje mediante proyectos en la asignatura (en los últimos cinco años) nos muestra que el aprovechamiento de los alumnos está relacionado con una adecuada selección y planteamiento del proyecto, lo cual por otro lado exige un considerable esfuerzo y dedicación tanto al alumno como al docente. En este sentido las tutorías suponen una oportunidad de refuerzo y apoyo a los alumnos en su trabajo. En cuanto al esfuerzo del docente, poder preparar un buen caso de estudio supone disponer de datos e información suficientes para desarrollarlo, e invertir una cantidad importante de esfuerzo y tiempo en su preparación. Existen “bases de datos” de casos de estudio reales sobre gestión de recursos hídricos, si bien lo ideal es que los casos de estudio provengan de trabajos en los que haya participado el profesor o que conozca directamente y se ubiquen preferentemente en la región, de forma que la proximidad y familiaridad con el caso lo puedan hacer de mayor interés para los alumnos.

La realización de Seminarios monotemáticos en los que se exponen trabajos refuerza la capacidad de expresión oral del alumno y su capacidad de trabajo cooperativo.

La organización de Conferencias por expertos y las Visitas Técnicas refuerzan la adquisición de competencias a la vez que estimulan al alumno al interactuar con profesionales que están resolviendo casos reales en el campo de estudio.

Por último, una estrategia evaluativa integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que proporcione una efectiva retroalimentación formativa a los alumnos y al profesor es fundamental para reforzar el aprendizaje activo del alumno en la materia.

Bibliografía

Andreu, J., J. Capilla, y Sanchís, E. (1996). AQUATOOL, a generalized decision support system for water-resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 177, 269-291.

Benito, A., y Cruz, A. (2005). Nuevas claves para la Docencia Universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior. Madrid: Ed. Narcea. 141 pp.

De Miguel, M. (2006). Clases teóricas. De Miguel, M. (ed.): *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior* (p. 27-52). Madrid: Ed. Alianza.

Diaz-Marta, M., (1980). Explotación combinada, economía y uso múltiple de los recursos hidráulicos. *Revista de Obras Públicas*, julio 1980, 571-576.

DMA (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DO L 327 de 22.12.2000), 2000

Engineering Case Library (ECL), (2005). Case Studies can fill a critical need in environmental engineering education. *J. Environ. Eng.*, 131 (8), 1121.

Loucks, D.P., and van Beek, E. (2005). Water resources systems planning and management. *An introduction to methods, models and applications*. The Netherlands: UNESCO and WL Delf Hydraulics.

Marín, J.A., (2006). Alumnos y profesores como evaluadores de presentaciones orales. Dentro F. Watts y A. García-Carbonell (ed.), *La evaluación compartida*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Menéndez, J.M. (2003). Aprendizaje por proyectos: la experiencia en la Universidad de Castilla-La Mancha. *Actas del I Encuentro Internacional de Enseñanza de la Ingeniería Civil*. Universidad de Castilla-La Mancha. CD-Rom. Ciudad Real: Universidad de Castilla la Mancha.

Stive, M., y Wasmus, H.M. (2003). Water sciences and engineering and the civil engineering curriculum at Delf. *Actas del I Encuentro Internacional de Enseñanza de la Ingeniería Civil*. CD-Rom. Ciudad Real: Universidad de Castilla la Mancha.

Watkins D. (2007). Case for Case Studies in Water Resources Planning and Management Education. *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, 133(2), 93-94.

Yániz, C., y Villardón, L., (2006). Planificar desde competencias para promover el aprendizaje. El reto de la sociedad del conocimiento para el profesorado universitario. Bilbao: Universidad de Deusto. 128 pp.

Zabalza, M.A., (2005). Competencias docentes del profesorado universitario. Calidad y desarrollo profesional. Madrid: Ed. Narcea. 253 pp.

Cuestiones y/o consideraciones para el debate

¿Debería de impartirse en las Escuelas de Ingeniería de Caminos (Civil) más asignaturas orientadas a desarrollar la formación y habilidad de los alumnos en la toma de decisiones en problemas de gestión con un enfoque integral y multidisciplinar? En la mayoría de las Escuelas predominan las asignaturas que contribuyen a la formación físico-matemática y asignaturas pretecnológicas y tecnológicas. Por ejemplo asignaturas de Gestión de Recursos Hídricos sólo son obligatorias en las escuelas de Caminos de la Universidad de Valencia.

Los casos de estudio no han sido tradicionalmente usados con frecuencia en la educación en escuelas de ingeniería (Watkins, 2007). ¿Deberían recurrirse con más frecuencia en las carreras de ingeniería a casos de estudio como herramienta pedagógica como ocurre en las carreras de Medicina, Derecho o Empresariales?

¿Cómo diseñar los casos de estudio para estimular el interés en una materia y la adquisición de las competencias previstas?