

LA UTILIZACIÓN DEL PORTAFOLIO DISCENTE INTERDISCIPLINAR COMO METODOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA DE METEOROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Alice L. Petre
Guadalupe Ramos Caicedo
José Antonio Perdigón Melón
William Cabos Narváez
Juan Javier García-Abad Alonso
Jesús Guardiola Soler
José Benito Carbajo Elena
Universidad de Alcalá

RESUMEN

El portafolio discente interdisciplinar se ha empleado como metodología de evaluación formativa y sumativa en la asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* de tercer curso del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Alcalá. El conjunto de evidencias que proporciona esta metodología de trabajo, aparte de su significado básico (aportaciones de muy distinta índole que permiten al alumno y a los demás ver y valorar el esfuerzo, los logros, las dificultades), requiere y estimula de una manera peculiar la coordinación y planificación docente que permite intercambios y enriquecimiento didáctico en términos de estrategias docentes, flexibilidad y toma de decisiones de cada uno de los docentes implicados, proporcionando una visión integradora, plural, implicada, responsable, autodisciplinada y cooperativa del aprendizaje en Ciencias Ambientales.

PALABRAS CLAVE

Portafolio discente interdisciplinar; Autonomía; Reflexión; Evaluación; Coordinación docente

ABSTRACT

The interdisciplinary learner portfolio methodology has been used as formative and summative assessment in Meteorology, Climatology and Air Pollution third year course of the Bachelor of Environmental Science at University of Alcalá. The collection of various forms of evidence of achievement of learning outcomes provides apart from its basic meaning (learning outcomes that allow students and others to assess the efforts, achievements, difficulties, strengths and weaknesses) requires and strongly encourages the coordination and planning of teaching that allows exchanges and educational enrichment in terms of strategies, flexibility, assessment decision of each of the teachers involved, thus providing a comprehensive, plural, involved, responsible, self-disciplined and cooperative learning view in Environmental Science.

KEYWORDS

Studentinterdisciplinary portfolio; Autonomy; Reflection; Assessment; Educationalcoordination

1. INTRODUCCIÓN: LA INTERDISCIPLINARIEDAD Y LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

El estudio de Boix Mansilla y Gardner (2000) empieza por definir “la comprensión interdisciplinaria como la capacidad de integrar conocimientos y modos de pensar en dos o más disciplinas o áreas de experiencia establecidas para producir un avance cognitivo-tales como explicar un fenómeno, la solución de un problema, o la creación de un producto-en formas que hubieran sido imposibles o improbables a través de los medios de una sola disciplina”. Esta definición se basa en una acepción que relaciona el rendimiento en el aprendizaje con la capacidad para utilizar conocimiento sobre la de tener o acumularlo (Perkins, 1998). Desde esta perspectiva, los individuos comprenden un concepto cuando son capaces de aplicarlo, o pensar con él-con precisión y flexibilidad en situaciones nuevas (Boix Mansilla, y Dawes Duraising, 2007).

Otro estudio crítico sobre las diferentes acepciones de la investigación interdisciplinaria en temáticas relacionadas con la salud (Aboelela et al., 2007) define la investigación interdisciplinar en los siguientes términos:

“La investigación interdisciplinaria es cualquier estudio o grupo de estudios realizados por investigadores de dos o más disciplinas científicas distintas. La investigación se basa en un modelo conceptual que integra los enlaces o marcos teóricos de las disciplinas, utiliza el diseño del estudio y la metodología que no se limita a ningún ámbito, y requiere el uso de perspectivas y habilidades de las disciplinas involucradas en todas las fases del proceso de investigación”.

Porque tal y como afirman los documentos de OECD (OECD, 1998) y el artículo de Morillo et al., 2003:

"La interacción puede ir desde la simple comunicación de ideas a la integración mutua de los conceptos de organización, la metodología, los procedimientos, la epistemología, la terminología, los datos y la organización de investigación y educación en un campo bastante grande."

Como docentes universitarios, estamos acostumbrados a operar con los conceptos de globalización, interdisciplinaria, transfronterizo, sostenibilidad, intercambio, peculiar, etc, en las áreas de conocimiento estrictas en las cuales nos hemos formado académicamente; o empleándolos como explicación para algunos fenómenos del mundo complejo, desigual e interconectado en el cual vivimos.

En nuestro caso, explicamos la **contaminación atmosférica** como fenómeno transfronterizo (acidificación de los lagos de Suecia y Finlandia debido a las altas concentraciones de óxidos de azufre y nitrógeno producidas en países de Europa central, Reino Unido, España, Italia, y puntos de los Balcanes, Ucrania y Rusia) que ha generado el Programa de cooperación para la vigilancia continua y la evaluación del transporte a gran distancia de contaminantes atmosféricos en Europa (EMEP), establecido a tenor del Convenio de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas celebrado en Ginebra en 1979 sobre contaminación transfronteriza a larga distancia (LRTAP). En otras clases, hablando de las previsiones para 2050 (PERSPECTIVAS AMBIENTALES DE LA OCDE HACIA 2050.

Consecuencias de la inacción, OECD, 2012), generamos debates sobre un **cambio climático** más perjudicial, ya que se prevé que las **emisiones** globales de gases de **efecto invernadero** se eleven en 50%, principalmente debido al incremento de 70% en las emisiones de CO₂ relacionadas con la generación de **energía**. Las acciones para mitigar los gases de efecto invernadero a que se comprometieron los países en los Acuerdos de Cancún durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, serán insuficientes para evitar que el incremento de la **temperatura** global promedio exceda el umbral de los 2 °C, que alteraría los patrones de lluvia, incrementaría el derretimiento de glaciares y hielos permanentes, provocaría el aumento del nivel del mar y acentuaría la intensidad y la frecuencia de **fenómenos meteorológicos extremos**. Impartimos principios físicos básicos y enseñamos a los alumnos a interpretar fenómenos meteorológicos, comprender y abordar tipologías de climas y su distribución geográfica; analizar y valorar los datos de calidad del aire así como las tecnologías de reducción de emisiones. En esta breve descripción hemos subrayado algunos conceptos científicos pertenecientes a varias áreas de conocimiento que se aúnan en la asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* de Grado en Ciencias Ambientales que constituye el cuadro de aplicación de la presente experiencia docente.

Por estas razones y otras muchas más, la problemática ambiental (calidad del aire y estrategias de control de emisiones, cambio climático, crisis del agua, demanda de energía, pérdida de biodiversidad) es una de las primeras en tomar consciencia de su “complejidad y conectividad, haciendo que sean menos disgregables y obligando a enfocarlos como complejos, inseparables y retroalimentados; requiriéndonos, e incluso exigiéndonos, reformas en la educación y la investigación con un enfoque interdisciplinario” (Carvajal Escobar, 2010). No obstante, esta misma problemática permite, aparte del *enfoque sistémico* e *interdisciplinario* mencionado anteriormente, un *enfoque comunitario* en el cual la educación es responsable de formar actitudes y valores medioambientales.

En un estudio reciente Fernández-Ríos (2010) defiende la necesidad de la formación interdisciplinar en los siguientes términos:

“Necesitamos crear espacios o contextos de trabajo que promuevan la interacción con otras disciplinas y sinteticen perspectivas diferentes de conocimiento. A fin de cuentas, el aprendizaje interdisciplinar tiene como objetivo promover en los estudiantes y profesionales la capacidad para reconocer, evaluar y poner en práctica perspectivas teórico-metodológicas múltiples para solucionar mejor los problemas.”

En este peculiar contexto científico y conscientes y/o concienciados de la necesidad de implicar a alumnos y docentes en un espacio integrador, interdisciplinar, estimulante, solidario, novedoso, retroalimentado de aprendizaje activo, significativo, autónomo y colaborativo hemos empleado como herramienta de aprendizaje y evaluación en el curso académico 2012-2013 en la asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* de tercer curso del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Alcalá, el **portafolio discente interdisciplinar**.

2. PORTAFOLIO DISCENTE INTERDISCIPLINAR

El **portafolio discente interdisciplinar** es una metodología integradora que potencia la reflexión, la motivación e implicación del alumno en su propio aprendizaje y que permite evaluar mejor el trabajo autónomo y colaborativo de cada alumno.

Tal como indicaban en su estudio Forstery Masters (1996) los portafolios son “fuentes de evidencia que pueden ser juzgados...respeto a la evaluación, en distintos contextos; desde la actuación de los alumnos en el aula, hasta la participación más profunda en la evaluación sumativa. Todos ellos poseen su “parte de evidencia”; cuanto más relevante es esta resulta más factible poder inferir el nivel logrado por el estudiante en una área de aprendizaje”.

Ballester Vallori (2002) remarca al respecto, que para que se produzca “auténtico aprendizaje, es necesario conectar la estrategia didáctica del profesorado con las ideas previas del alumnado y presentar la información de manera coherente y no arbitraria, “construyendo”, de manera sólida, los conceptos, interconectando los unos con los otros en forma de red del conocimiento”. Como estrategia docente, el portafolio discente permite planificar tareas y actividades para trabajar con los contenidos a lo largo del curso (Palomares Ruiz, 2011), ofreciendo oportunidades para realizar una evaluación continua (Martínez-Segura, 2009). Este enfoque de evaluación reduce la dependencia de un solo examen como único factor determinante de la actuación del alumno, proporcionándole la oportunidad de demostrar mejor su capacidad a lo largo del tiempo y en una variedad de contextos (Klenowski, 2005).

Entre sus ventajas cabe destacar su carácter integrador y/o polivalente, propiciando el desarrollo de competencias (Bia Platas et al., 2005) cuando es empleado simultáneamente, de manera puntual en distintas asignaturas. De Miguel Díaz (2005) resalta la relación entre la estrategia evaluativa del portafolio y todos los métodos de enseñanza (contrato de aprendizaje, resolución de problemas, aprendizaje cooperativo y aprendizaje por proyectos, estudio de casos, aprendizaje basado en problemas, etc) señalando igualmente la relación entre el portafolio y otras las modalidades organizativas (tutoría, prácticas, seminarios, estudio y trabajo individual y en grupo, presencial y en línea, etc). Y además, entre sus numerosas ventajas, destacamos la visibilidad, la posibilidad de compartir los resultados entre alumnos y con docentes interesados. En la versión **ePortafolio (portafolio digital)** (Gallego et al., 2009; Cebrian de la Serna, 2011) esta metodología permite a docentes y estudiantes crear y gestionar un espacio virtual con las evidencias de su aprendizaje incorporando una valoración/evaluación de la importancia de la misma, ganando en visibilidad y transparencia y adquiriendo habilidades relacionadas con el manejo de herramientas informáticas (wiki, herramientas para la edición, plataformas de formación a distancia o editores específicos para *ePortafolios*).

Definir claramente el propósito de la evaluación que se realizará empleando el portafolio discente (sumativa, formativa o una combinación/tándem de las mencionadas anteriormente) es esencial a la hora de diseñar y desarrollar esta estrategia docente. Bartony Collins (1997) definen tres factores principales que guían el diseño y el desarrollo del portafolio: el objetivo (o finalidad del portafolio), los criterios de evaluación y las evidencias

(que permitan establecer una correspondencia entre el trabajo del curso y sus experiencias de aprendizaje).

Entre las características del portafolio según BartonyCollins (1997)remarcamos las siguientes:

- Captan el crecimiento y el cambio del estudiante a través del tiempo.
- Las reflexiones del alumnado son una forma poderosa de propiciar la integración de la teoría y la práctica.
- Calificar un portafolio no es más complicado que calificar un examen, pero puede ser más laborioso.

Las numerosas publicaciones describiendo el uso de portafolios discentes o docentes en distintas áreas de conocimiento (Pinar Sepúlveda,y Gracia Morán, 2007; Romero López,yCrisol Moya, 2011) remarcan también los entornos de aplicación exitosa (en términos de número idóneo de alumnos, tipo de estudios, propósitos de evaluación) o sus limitaciones (sobre todo las relacionadas con su uso en evaluación sumativa, aspectos éticos como la confidencialidad, la autoría, la falta de relevancia o altas cargas de trabajo/excesivo tiempo empleado en la producción y evaluación de evidencias).

No obstante, las numerosas ventajas y entornos de éxito de la aplicación de esta metodología de evaluación formativa y sumativa, propiciando la reflexión sobre el aprendizaje de alumnos y docentes y su consecuente mejora,hacen del portafolio discente una herramienta robusta y fiable a la hora de elegir metodologías que estimulan la participación y la implicación activa de los alumnos y docentes, la reflexión y la evaluación del proceso y no únicamente de los productos de aprendizaje.

3. OBJETIVOS

La presente experiencia de innovación docente describe el uso del portafolio discente interdisciplinar en la asignatura de *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica*del tercer curso del Grado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Alcalá como una compleja estrategia formativa y evaluativa de aprendizaje activo, reflexivo, responsable, creativo y autónomo. La investigación que se detalla a continuación corresponde al curso 2012-2013.

El portafolio discente interdisciplinar está constituido por un conjunto de evidencias sobre actividades docentes que los alumnos han desarrollado en el cuadro de la asignatura empleando distintas metodologías en una área de conocimiento o la misma metodología didáctica en diferentes entornos de conocimiento, vinculando la teoría y la práctica, reflexionando, identificando sus necesidades de formación y los aspectos que necesitan perfeccionar.

Las respuestas de los alumnos en términos de participación, interés, evaluaciones por los docentes, autoevaluaciones y evaluaciones entre compañeros, resultados académicos, dificultades y propuestas de mejora expresadas en encuestas anónimas al final de la asignatura han servido para

valorar el diseño y el desarrollo de la experiencia docente y para formular propuestas de mejora en una futura aplicación.

4. METODOLOGÍA

4.1 CONTEXTO DE LA ASIGNATURA

La asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* constituye una parte fundamental en la formación de los futuros graduados en Ciencias Ambientales.

Esta asignatura tiene como objetivo que el alumno adquiera los conocimientos suficientes para comprender los principios físicos que determinan el estado actual del clima y la circulación atmosférica en distintas escalas y, en particular, la influencia de esta circulación en la problemática de la contaminación atmosférica. La Meteorología y Climatología, como bases del conocimiento del sistema climático, constituyen fundamentos indispensables a la hora de analizar y evaluar episodios de contaminación.

Debido a que la concentración o dispersión de contaminantes depende de factores climatológicos como la temperatura, el viento, el movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y la interacción de estos con la topografía, los alumnos tendrán que manejar e interpretar la información meteorológica y climatológica para luego aplicarlas en la resolución de problemas concretos de contaminación.

La asignatura cuenta con 10 créditos ECTS lo que permite estructurar la docencia en tres módulos:

Módulo 1: Meteorología (2,5 ECTS)

Módulo 2: Climatología (2,5 ECTS)

Módulo 3: Contaminación Atmosférica (5 ECTS)

Los contenidos de la asignatura se estructuran en 14 temas que forman un *continuum* de aprendizaje teórico-práctico desarrollado en:

- Clases magistrales: Utilizadas para el desarrollo de los conceptos fundamentales. A lo largo de estas sesiones impartidas a grandes grupos (2 grupos de 56 alumnos) se ha realizado la síntesis de cada uno de los temas. Se han proporcionado los conceptos básicos que necesita el alumno para la comprensión de cada tema.
- Seminarios: Se realizan con grupos reducidos ya que su objetivo es la resolución de problemas, ejercicios o cuestiones planteadas con anterioridad al alumno. También se realiza la exposición de trabajos elaborados por los alumnos contribuyendo con ello a desarrollar otras competencias (trabajo en grupo, comunicación).
- Clases prácticas: Se imparten a grupos reducidos (formados por 3 alumnos) y se consideran de máximo interés para que el alumno adquiera las competencias relacionadas con la toma de muestras, análisis de datos, elaboración e interpretación de gráficos, mapas y redacción del correspondiente informe donde se recojan las conclusiones de cada práctica. Es el cuadro idóneo para fomentar el

aprendizaje por descubrimiento, establecer relaciones entre los conocimientos adquiridos en sesiones prácticas con los conocimientos teóricos, debates, creación y uso de tutoriales de aprendizaje.

- Tutorías grupales: Se organizan para grandes grupos y son destinadas a resolver las posibles dudas que el alumno plantee para contribuir al desarrollo de la asignatura.
- Tutorías individuales: Se fomenta la concertación de tutorías individuales, previa cita, con el fin de aclarar dudas o conceptos, de forma más personalizada u orientar sobre las dificultades que se estén presentando en la realización de las actividades propuestas.

A continuación se detallan parte de los materiales y recursos empleados en la asignatura:

- Mapas y atlas, sondeos, datos meteorológicos, seriesclimatológicas y datos históricos de contaminación atmosférica, videos tutoriales elaborados por los docentes de la asignatura.
- Se dispone de instrumental delaboratorio y equipos de muestreo tanto para partículas comopara gases.
- Presentaciones con soporte grafico en PowerPoint, gráficos, esquemas,proyecciones y material audiovisual.
- Aula virtual de la UAH a través del programa Blackboard o/yPlataforma EPD (Entorno de Publicación Docente).
- Libros y monografías, bases de datos y tutorialesdisponibles en la Biblioteca UAH.

En el curso 2012-2013 en la asignatura de *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* de tercer curso de Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Alcalá se han matriculado 112 alumnos de los cuales 107 han participado en la modalidad de evaluación continua que emplea el portafolio discente interdisciplinar.

Entre las estrategias metodológicas empleadas en la asignatura mencionamos:

- Estrategias de pensamiento creativo (tormenta de ideas, revisión de supuestos);
- Estrategias de discusión (debate, grupos de discusión);
- Estrategias de aplicación (método de casos, proyectos),
- Estrategias para la resolución de problemas.

La asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* ofrece un cuadro idóneo y potenciador de intercambios, complementariedad y complejidad para el desarrollo de esta experiencia de enseñanza-aprendizaje interdisciplinar porque involucra adocentes pertenecientes a tres departamentos diferentes de la Universidad de Alcalá. En su estructura se combinan, refuerzan, potencian y completan conocimientos básicos y aplicados, teóricos y prácticos, diferentes estrategias docentes, visiones distintas/parciales/fraccionadas de las siguientes áreas de conocimiento, enumeradas en el orden cronológico de impartición: Física Aplicada, Geografía Física e Ingeniería Química.

El equipo docente está formado por varios universitarios de distinta formación académica, efectuada en varios espacios y contextos educacionales

que se encuentran en distintos momentos de su carrera docente (desde doctorando becado por el programa de Formación de Profesorado Universitario a profesores de distinta escala universitaria) y algunos están involucrados en distintos grupos de innovación docente de UAH (“Nuevas estrategias docentes en Ingeniería Química y Ambiental” y “Aplicación de métodos de innovación docente en Ciencias Ambientales”).

5. RESULTADOS ESPERADOS

Con el empleo de esta metodología educativa en el contexto de la asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* se esperaba obtener los siguientes resultados:

- Involucrar a los alumnos en su propio aprendizaje estimulando la reflexión y el pensamiento crítico, proporcionando al alumno autonomía y buenos hábitos cognitivos y sociales que permiten tanto la autorregulación de la experiencia debida a la autodisciplina como la responsabilidad del alumno como discente;
- Mostrar el avance en el desarrollo personal e interpersonal y poner en evidencia el progreso en términos de calidad de los materiales producidos;
- Resaltar la autoevaluación como elemento fundamental en el proceso formativo del aprendizaje autónomo y potenciar las otras modalidades de evaluación continua;
- Precisar y jerarquizar el conocimiento, siendo una herramienta de la experiencia educativa centrada en la experimentación, evaluación y planes de acción como resultado de la práctica;
- Desarrollar la capacidad para localizar información, formular, analizar y resolver problemas utilizando herramientas de aprendizaje distintas;
- Establecer conductas de trabajo individual y cooperativo a partir de las actitudes individuales compartiendo los resultados con los alumnos y con otros profesores;
- Mejorar los resultados de los alumnos, tanto en el rendimiento académico como en el desarrollo social y personal, y prepararles para acceder con éxito al mundo laboral.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

Involucrar a docentes y alumnos en la implementación con éxito en el aula de la metodología del portafolio discente interdisciplinar ha supuesto:

- ✓ Definir, seleccionar, planificar los objetivos, el contenido, las herramientas, el desarrollo temporal, las modalidades de evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura entre los docentes implicados (reuniones previas de trabajo para elaboración de guías docentes, selección y planificación de actividades, tareas y evidencias, coordinación docente);

- ✓ Presentar a los alumnos la metodología docente mencionada por los docentes implicados explicando sus ventajas y su gran potencial para un desarrollo personalizado del contenido impartido en la asignatura;
- ✓ Crear en el aula un ambiente estimulante, interrogativo, crítico, reflexivo, de observación e indagación, de real cooperación entre alumnos y docentes;
- ✓ Realizar evaluaciones diagnósticas y compartir los resultados con los docentes implicados;
- ✓ Guiar a los estudiantes durante el proceso creativo de la elaboración de evidencias;
- ✓ Ofrecer “espacios” públicos de presentación de evidencias (tanto escritas, como orales) por alumnos y grupos de alumnos;
- ✓ Generar debate y análisis reflexivo (en el aula, en tutorías o utilizando el espacio del aula virtual y los wiki educativos de la asignatura) a través de preguntas y comentarios tanto sobre los aspectos positivos como sobre todo si se detectan situaciones problemáticas/complejas o de mayor dificultad para los alumnos;
- ✓ Estimular la participación de los estudiantes en la autoevaluación y la evaluación de sus compañeros que comporten o no el mismo portafolio;
- ✓ Comunicar los resultados de la evaluación docente de las diferentes evidencias del portafolio a los estudiantes con el fin de proporcionar retroalimentación;
- ✓ Valorar los aspectos positivos y detectar aquellos aspectos mejorables en el futuro próximo de esta estrategia metodológica y estudio de factibilidad en siguientes cursos académicos.

El portafolio discente interdisciplinar que se ha utilizado en la asignatura ha sido diseñado por los docentes implicados y desarrollado por los alumnos y ha recogido las siguientes evidencias (individuales/grupales) sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje:

- Memoria de prácticas de Meteorología (1 punto), en cual el profesor evalúa la habilidad de los alumnos en el uso eficaz de dos tefigramas, es decir el estudio del estado y las propiedades de las masas de aire en un perfil vertical para dos casos distintos. Los alumnos aprendieron lo que es un tefigrama y como, a partir de los valores de temperatura y temperatura de rocío en ciertos niveles de presión, se puede estudiar la estabilidad/inestabilidad de las masas de aire, la condensación, calcular el nivel de mínimo y el nivel máximo de condensación. Debido a la complejidad del tefigrama, esta actividad se lleva a cabo en tres sesiones. En la primera se da una introducción teórica al tefigrama y se estudia un caso modelo, donde, bajo la tutela del profesor, se estudia un perfil de temperatura vertical dado. En la segunda sesión los alumnos estudian un segundo perfil de manera autónoma y estudian ciertas cuestiones

relacionadas con las propiedades de las masas de aire con este perfil. En la última sesión se estudia un segundo perfil vertical, para el que los alumnos estudian cuestiones más complejas que no se estudiaron en el primer perfil. Al final de las tres sesiones la mayor parte de los alumnos manejan con suficiente familiaridad el tefigrama siendo capaces de leer e interpretar la representación de un sondeo en un tefigrama y utilizar esa información para apoyar el proceso de pronóstico del tiempo.

En esta parte de la asignatura se llevaron a cabo dos sesiones de resolución de problemas relacionados con el contenido de la asignatura en las que se trató de que los alumnos resolvieran una cantidad mínima de problemas que les permitiera familiarizarse con algunas aplicaciones importantes del material teórico impartido. Estas dos sesiones resultan claramente insuficientes para este objetivo.

- Trabajo climatológico, con exposición oral o textual de resultados, evaluado por el profesor (1 punto). Desde el principio a cada alumno se le adjudica un territorio del mundo para que, conociéndolo de antemano, tenga tiempo suficiente para preparar su trabajo sobre Clasificación Climática. Además, desde el inicio también se aporta al alumno un protocolo con las estipulaciones formales y de contenido que debe cumplir, asimismo como los criterios de evaluación del trabajo. Este trabajo constituye la continuación de las prácticas que el profesor ha impartido de manera presencial previamente. Por tanto, el alumno ya posee los conocimientos necesarios para abordar el tratamiento del trabajo. Se comunica la calificación al alumno pocos días después de haber terminado las exposiciones. Se recoge al menos una evidencia (trabajo escrito y/o exposición con soporte gráfico de PowerPoint, en este último caso, no solo se valora ésta sino conjuntamente con la exposición pública del trabajo efectuada por el alumno). En la Figura 1 se presenta la implicación/participación de los alumnos de la asignatura en la tarea del trabajo sobre Clasificación Climática en términos de entregas de evidencias (entrega de una evidencia - trabajo escrito, entrega de dos evidencias – trabajo escrito y presentación con soporte gráfico en PowerPoint). Tal como se puede observar, el porcentaje de alumnos que han participado y entregado evidencias es superior al 90%; también se pone de manifiesto el número de alumnos que han entregado dos evidencias (24% de los alumnos matriculados). Más del 50% de los alumnos que han obtenido una calificación que los sitúan en primer cuartil en esta tarea han entregado dos evidencias, 40% de doble entregas pertenecen al segundo cuartil de calificaciones y únicamente 6 y 3% pertenecen a los últimos dos cuartiles. Estos valores ilustran a la par la involucración/participación activa de los alumnos en la tarea como el grado de autoconfianza y la seguridad adquirida por los alumnos. Confiando en la manifiesta responsabilidad, sentido crítico y reflexivo de los alumnos se puede ofrecer al alumno en cursos académicos posteriores la posibilidad de conformar de manera única, personalizada las evidencias del portafolio.

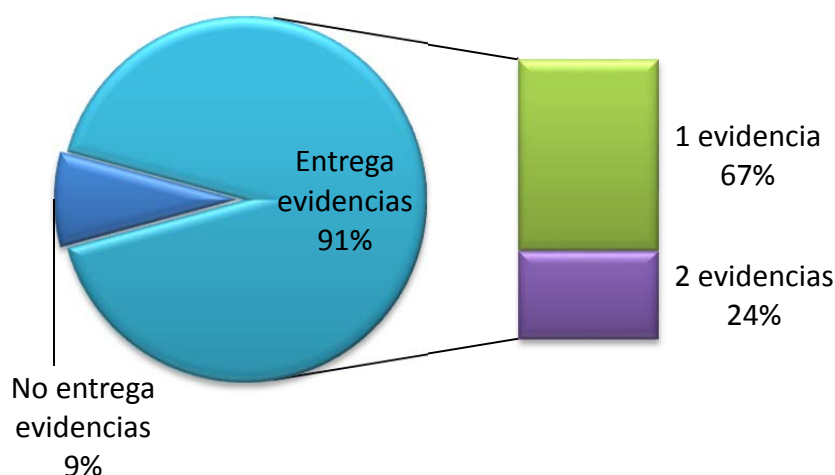


Figura 1—Entrega de evidencias del trabajo sobre Clasificación Climática (informe escrito y presentación con soporte gráfico en PowerPoint) para evaluación continua empleando el portafolio discente interdisciplinar en la asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica*.

- Prueba parcial teórico-práctica, conjunta de Meteorología y Climatología, que constaba de cuestiones teóricas de diferente entidad (desarrollo variado, test en cual las alternativas incorrectas puntuaban negativamente el 70% del valor de la alternativa correcta), problemas y ejercicios prácticos (2,5 puntos). La prueba se ha realizado al finalizar la primera mitad de la asignatura y la evidencia recogida es la propia prueba teórico-práctica. Se pretendía recoger la eficacia del alumno en su tarea particular de estudio personal de los apuntes de clase, así como de la consulta de la bibliografía contemplada en esta parte de la asignatura.
- Memoria y prueba objetiva sobre el aprendizaje relacionado con las prácticas en el laboratorio de Contaminación atmosférica (1 punto). Se entregan dos evidencias de naturaleza distinta: un informe escrito por grupo de trabajo de prácticas donde se calculan, se analizan y se interpretan los resultados obtenidos en las sesiones de prácticas (entrega inmediata a la realización práctica de los experimentos) y una prueba objetiva individual sobre conocimientos teóricos y prácticos al finalizar todas las sesiones de prácticas de laboratorio. La asistencia y realización de prácticas de laboratorio debería ser superior al 80%, tal como la guía docente de la asignatura recogía, pero la prueba parcial no es obligatoria. No obstante, la participación de los alumnos, tanto en las sesiones prácticas como en la prueba parcial ha sido superior a 98%. Las encuestas docentes al final de las sesiones de prácticas y de la asignatura ponen de manifiesto la gran implicación de los alumnos y la alta valoración por su relevancia, funcionalidad y vínculos con la realidad y mundo laboral. En la misma encuesta docente los alumnos remarcan y/o proponen dedicar más tiempo al aprendizaje por descubrimiento, a la reflexión e interpretación de resultados y elaboración del informe escrito.
- Entregas correspondientes a diferentes actividades de aprendizaje de Contaminación atmosférica individuales y grupales (informes, exposiciones,

debates, evaluación entre compañeros, resolución de una colección de ejercicios y problemas) (1,5 puntos).

Entre las actividades a destacar desarrolladas en este módulo se pueden mencionar:

- **La Actualidad Informativa como aprendizaje activo**

Exponer y debatir la información que aparece en los medios de comunicación favorece la comprensión y expresión oral, competencias en las que, como docentes, debemos hacer hincapié en el nuevo modelo enseñanza-aprendizaje.

Esta actividad está enfocada al desarrollo de una serie de habilidades y competencias por parte del estudiante, entre las que cabe destacar: manejar con fluidez la información que aparece en distintos medios de comunicación - principalmente prensa escrita- relacionada con la contaminación atmosférica, gestionar información de manera eficaz, aplicar los conocimientos teóricos, ser capaces de sintetizar la información contenida en un artículo en un resumen breve, y, en su caso, elaborar un documento que recoja dicho resumen así como sus propias reflexiones fomentando su sentido crítico y, finalmente, mejorar su capacidad de expresión oral mediante la exposición ante sus compañeros del resumen elaborado.

Para desarrollar esta actividad se dispone como recurso de la información que aparece diariamente en la prensa escrita, utilizando como elemento de apoyo la plataforma de enseñanza virtual de la Universidad de Alcalá a través de la cual se está en permanente comunicación con los alumnos.

Posteriormente, se evalúan los resultados obtenidos y se analiza la percepción que tienen los alumnos de la actividad, para lo cual se ha realizado una encuesta una vez finalizada la asignatura. Los resultados muestran claramente que los alumnos, aunque consideran que deben hacer un esfuerzo superior, valoran muy positivamente el trabajo realizado, considerándolo como una actividad formativa de notable valor.

Siempre que un docente pone en marcha una experiencia piloto necesita realimentarse a través de las opiniones de los alumnos, no sólo con el fin de mejorar la metodología, sino también para percibir la idoneidad y eficiencia del procedimiento (Díaz, y Alguero, 2009). Para conseguirlo se ha realizado una encuesta anónima una vez finalizado el cuatrimestre. En la encuesta se recogen distintos aspectos de las actividades realizadas y en relación a la actualidad informativa algunos de los resultados se detallan a continuación.

La Figura 2 muestra los resultados de las respuestas dadas por los alumnos en la encuesta docente anónima a la pregunta ¿Consideras que el sistema de búsqueda de información te permite adquirir conocimientos y desarrollar habilidades y destrezas de forma satisfactoria?

- a) Sí; totalmente de acuerdo
- b) Sí; bastante de acuerdo
- c) No; bastante en desacuerdo

d) No; totalmente en desacuerdo

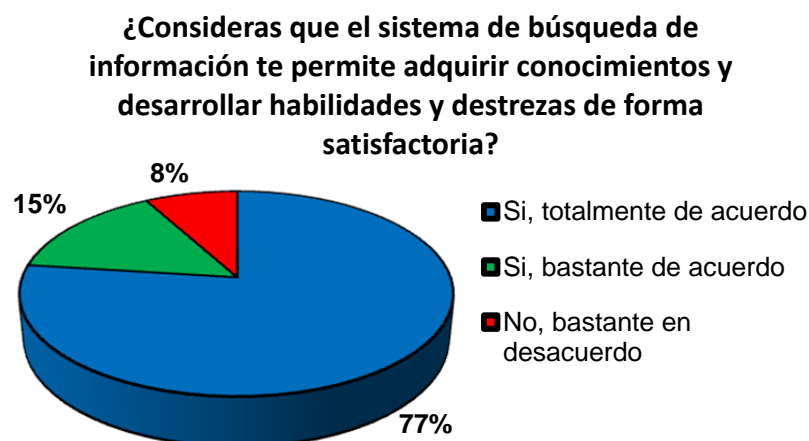


Figura 2 - Resultados del grado de aceptación de la actividad desarrollada

El 92% de los estudiantes consideró que la búsqueda de información le ayudó a adquirir conocimientos y desarrollar competencias de forma eficaz, eligiendo las opciones «totalmente de acuerdo» y «bastante de acuerdo». Cabe destacar que ningún estudiante se mostró «totalmente en desacuerdo».

- “Review Questions”

La actividad consiste en utilizar una documentación en inglés sobre “Air Pollution” donde se incluyen como temas: a) “Photochemical smog results”; b) “Nitrogen oxides are produced whenever a fuel is burned in air”; c) “High concentrations of ground-level ozone are a major form of pollution”; d) “Photochemical smog now occurs around the world”; e) “Ozone affects agricultural crops and organic materials”; f) “Limiting VOC emissions can reduce ground-level ozone and photochemical smog”; g) “Catalytic converters help reduce vehicle emissions”; h) “The nitric oxide emitted from power plants can be controlled”; i) “Acid rain has a low pH resulting from dissolved pollutants”; j) “Particulates are tiny particles suspended in air”; k) “The impact of automobiles on pollution” and l) “Indoor air pollution”.

Leer la documentación que se adjunta en un archivo que se envía a la plataforma virtual y a partir de él contestar un cuestionario de 40 preguntas. Las respuestas deben ser breves, pero claras. Se responderá en español, pero si el grupo tiene interés en realizarlo en inglés se tendrá en cuenta positivamente. El trabajo se presentará en grupos de tres alumnos. El trabajo sólo lo enviará un alumno sin olvidar incluir los nombres de los compañeros participantes.

Tal como se comentó anteriormente, en la encuesta se incluyeron preguntas relacionadas con esta actividad. A la pregunta ¿La actividad sobre “Review Questions” le ha parecido?

a) Muy interesante

- b) Interesante
- c) Poco interesante
- d) Nada interesante

El 70% de los encuestados consideraron la actividad interesante, 19% interesante y el 11% poco interesante. Ningún estudiante respondió a nada interesante, lo cual pone de manifiesto que el 89% valoró muy positivamente la actividad. En cuanto a sugerencias sobre esta actividad en concreto manifestaron resultarles muy interesante de cara a familiarizarse con el vocabulario en inglés propio de la asignatura y además ampliar sus conocimientos ya que se incluían temas que no habían sido abordados en clase, aunque algunos consideraron haber invertido más tiempo del esperado sobre todo por estar poco familiarizados con algunos términos en inglés.

- **Evaluación *inter pares***

Co-evaluación (evaluación *inter pares*) individual de ejercicios y problemas (cuyo enunciado exacto era desconocido por los alumnos) resueltos por compañeros anónimos pertenecientes a cursos anteriores. En sesiones previas de trabajo los estudiantes (organizados en pequeños grupos de tres alumnos) han aprendido a resolver ejercicios y problemas similares (conversión de unidades, diferentes modelos de dispersión de contaminantes, cálculos de eficiencia de los diferentes tratamientos de reducción de la contaminación atmosférica). El propósito de esta tarea es formativo y sus resultados (comparación entre la calificación del docente y la calificación acordada por los alumnos evaluadores) no se ha utilizado en la evaluación sumativa de la asignatura, pero se ha analizado para un mejor diagnóstico del proceso de aprendizaje de los alumnos evaluadores cuya identidad se conoce. Al inicio de la actividad el docente ha explicado la estrategia metodológica (corregir de manera imparcial los ejercicios/problemas resueltos o añadir la solución del evaluador) y los criterios de evaluación que se deben emplear a la hora de calificar el trabajo. Además, el docente hizo especial hincapié en solicitar a los alumnos evaluadores sus reflexiones acerca del objeto y utilidad de la actividad. Se pretende de este modo fomentar el aprendizaje de los alumnos y aportar además de soluciones a problemas concretos, reflexiones críticas (carencias personales en el aprendizaje), autonomía y toma de decisiones sobre reconducir el proceso de aprendizaje individual. Se proporciona también autoconfianza y más responsabilidad. Los alumnos han manifestado gran interés por actuar como evaluadores y por conocer en qué medida la calificación acordada coincide con la otorgada por el docente. A continuación reflejamos algunas de las reflexiones más significativas expresadas al final de la actividad:

“Me resulta útil esta metodología ya que por un lado vemos otra forma de llegar a los resultados, y además nos permite ver como dejar más claros los ejercicios para el examen.”

“Sí, es útil, ya que te das cuenta de los fallos posibles y rehaciendo un ejercicio que está mal aprendes a no cometer ese fallo.”

“Sí, es interesante para repasar como se hacen los ejercicios.”

“Me parece una actividad útil, eres capaz de corregir los fallos que puedes cometer tu mismo.”

“Creo que no sirve para nada porque todavía tenemos dificultades para realizarlos nosotros mismos. Se podría invertir más tiempo en hacer mas ejercicios.”

“Me parece útil para conocer si sabemos hacer los ejercicios y resolver problemas, pero a mi apenas me ha dado tiempo a mirarme los ejercicios porque tenemos otras asignaturas en las cuales tenemos que entregar trabajo.”

“Está muy bien porque así te das cuenta de los fallos comunes de los alumnos y de la presentación. Aprendes a hacerlo más ordenado para una mejor corrección.”

“Es útil, pero para después de Navidad, aun no tengo conocimientos para poder corregirlos bien. Sobretudo el problema 2.”

“Me parece útil en cuanto a la evaluación personal, ver qué capacidad tenemos a estas alturas del curso para la resolución de problemas.”

“Sí, me ha resultado muy útil la actividad, pero aun tengo que estudiar bastante. Me gustaría que colgarais en Blackboard mas ejercicios para practicar.”

“Me ha resultado muy interesante porque nos ayuda a ampliar los conocimientos y nos permite ponernos en el lugar del profesor.”

“Es muy interesante ya que es una forma muy poco vista de aprendizaje.”

- **Informe de calidad del aire**

Se elabora y entrega un informe escrito de calidad del aire del mismo año o anterior al curso para una estación elegida por el grupo reducido de alumnos (máximo de tres estudiantes) de las Redes de control y vigilancia de la calidad del aire de diferentes comunidades autónomas, ayuntamientos(entre las estaciones más frecuentemente elegidas se encuentran las de la Comunidad de Madrid y el Ayuntamiento de Madrid). No obstante, cuando uno de los integrantes del grupo es un estudiante perteneciente al programa de intercambio ERASMUS, la elección del grupo es relacionada con la ciudad/país de origen del alumno. La actividad requiere descarga de datos históricos de la red de control y vigilancia, tratamiento de datos sobre los principales contaminantes atmosféricos, interpretación y relación con los valores permitidos legislados (España-Unión Europea) y los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y detallar medidas y vías de actuación para reducir la contaminación del aire acorde al Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire. La capacidad de los alumnos participantes en los grupos de trabajo para integrar conocimientos, datos e informaciones meteorológicas, climatológicas y de contaminación atmosférica y eventuales noticias informativas correspondientes, con actitudes, conocimientos y habilidades adquiridos en las sesiones de prácticas permite el aprendizaje basado en el pensamiento complejo que favorece la formación interdisciplinar (Pabón Fernández,y Trigos Carrillo, 2012).

- Prueba parcial teórico-práctica y resolución de ejercicios y problemas de Contaminación atmosférica (2 puntos). La prueba se ha realizado al finalizar la asignatura y la evidencia recogida es la propia prueba teórico-práctica, donde de forma individual deben refrendar todos los conocimientos adquiridos en la segunda mitad de la asignatura (respondiendo a cuestiones cortas, preguntas de tipo test y resolviendo ejercicios y problemas). Esta prueba no tiene un carácter obligatorio, pero el hecho de ser la última prueba y de alto peso en la calificación global de la asignatura se ha traducido en altos niveles de participación de los alumnos.
- Participación activa y asistencia en las sesiones desarrolladas en la asignatura (1 punto). Se ha propiciado en el aula un ambiente de indagación y debate y se ha solicitado a los alumnos reflexionar de manera crítica al final de cada sesión sobre las dificultades de comprensión, ausencia de información previa o solapamientos innecesarios con otras asignaturas. El reto consiste en formular preguntas sobre el contenido de la sesión que podrían ser utilizadas en una prueba teórico-práctica. La evidencia la constituye la hoja individual de reflexiones y preguntas. El mayor peso de la calificación de esta evidencia recae sobre las aportaciones individuales y no sobre la asistencia. Las encuestas docentes reflejan de un modo inequívoco (valores superiores al 80%) la percepción de los alumnos sobre el empleo de estas evidencias con preguntas/observación/criticas para mejorar el aprendizaje, aumento de atención del alumno en las sesiones expositivas, señalando al docente las dificultades y motivando explicaciones complementarias que mejoran la accesibilidad. Menos de 5% del total de los alumnos encuestados opinan que son una pérdida de tiempo.

En la Figura 3 se muestran los resultados académicos en la asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* de la convocatoria ordinaria del curso 2012-2013 en cual se ha implementado el portafolio discente interdisciplinar para la evaluación formativa del alumnado.

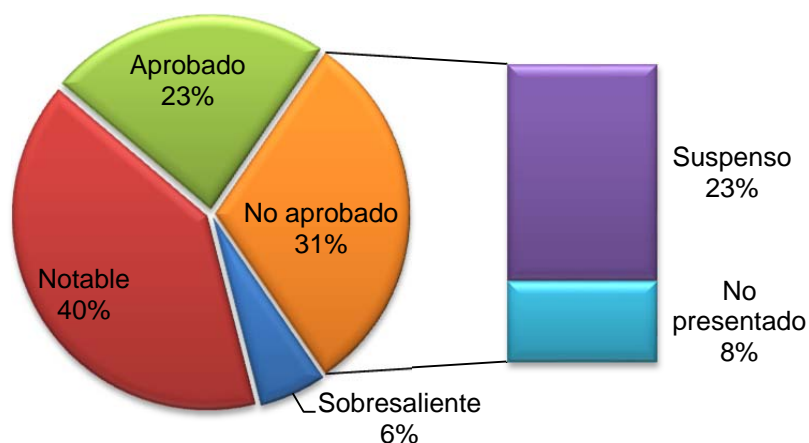


Figura 3- Resultados académicos en la asignatura *Meteorología, Climatología y Contaminación atmosférica* de la convocatoria ordinaria del curso 2012-2013

Los resultados académicos (parciales, ya que no reflejan los resultados de la convocatoria extraordinaria) mejoran de manera general los resultados académicos de cursos anteriores en los cuales se utilizaban pruebas parciales y exámenes finales que abarcaban todos los contenidos de la asignatura, tanto los teóricos como los prácticos.

7. CONCLUSIONES

El uso del portafolio discente interdisciplinar como estrategia metodológica compleja propicia un estímulo permanente en la coordinación docente, el aprendizaje activo y colaborativo en el aula, la reflexión y el desarrollo alumno/docente y de los grupos de alumnos y profesores, fomentando así la participación y el interés de los alumnos en la modalidad de evaluación continua. Esto, finalmente, se ha traducido en una mejora de los resultados académicos.

Esta lectura enriquecedora en términos docentes se debe organizar, planificar, controlar y optimizar para no generar inseguridad, excesivo gasto de tiempo, pérdida de interés debida a excesos en el empleo de estrategias docentes, una evaluación subjetiva, fragmentada o parcial.

No obstante, en el contexto interdisciplinar con varios docentes implicados en una misma asignatura de la que hace objeto esta experiencia de innovación docente, la metodología del portafolio discente interdisciplinar alcanzará otros objetivos específicos, generando y proporcionando distintas facetas menos explicitadas que las experiencias docentes similares anteriormente publicadas. Diseñar y desarrollar el conjunto de evidencias que conforman el portafolio discente interdisciplinar requiere y estimula de una manera peculiar la coordinación y planificación docente que permite intercambios y enriquecimiento didáctico de cada uno de los docentes implicados, dando en definitiva una visión integradora, plural, implicada, responsable, autodisciplinada y cooperativa del aprendizaje en Ciencias Ambientales.

De esta manera, en la opinión de los docentes de esta experiencia de innovación docente, la interdisciplinariedad, tras haberse impuesto como práctica continuada y exitosa en el espacio de la investigación, se puede y debe acercar a la práctica educativa desde su actual estatus de debilidad para convertirlo en fortaleza, transformándole de quimera en realidad.

También, esta experiencia tiene un carácter interdisciplinar en otro plano y permite alcanzar un objetivo distinto: el del acercamiento de docentes impartiendo asignaturas pertenecientes a ciencias a este método y estrategia de trabajo importado de ámbitos profesionales distintos (artes plásticas, arquitectura) y que ha probado en educación su gran potencial para identificar habilidades complejas, caracterizar y evaluar tanto el proceso, como el producto del aprendizaje (Davis, y Ponnampuram, 2003; Glasgow, 1997).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboelela, S. W., Larson, E., Bakken, S., Carrasquillo, O., Formicola, A., Glied, S. A., Haas, J. y Gebbie, K. M. (2007). Defining Interdisciplinary Research: Conclusions from a Critical Review of the Literature. *Health Serv. Res.*, 42, 329–346.
- Ballester Vallori, A. (2002). *El Aprendizaje Significativo en la Práctica. Como hacer el Aprendizaje Significativo en el Aula*. Recuperado 29/10/2012, de http://www.aprendizajesignificativo.es/mats/El_aprendizaje_significativo_en_la_practica.pdf
- Barton, J. y Collins, A. (Eds.) (1997). *Portfolio assessment: A handbook for educators*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley Publishing Co.
- Bia Platas, A., Carrasco Andrino, M. del Mar, Jiménez Delgado, M., Montes Fernández, A. y Moreno Seco, M. (2005). Aplicación del portfolio discente. Una experiencia interdisciplinar. Recuperado 29/10/2012, de http://www.uclm.es/profesorado/ricardo/Convergencia/Portfolio_Discente.pdf
- Boix Mansilla, V. y Gardner, H. (2000). *Interdisciplinary lenses and interdisciplinary work*. En S. Wineburg y P. Grossman (Eds.), *Interdisciplinary curriculum challenges of implementation* (pp. 161–198). New York: TC Press.
- Boix Mansilla, V. y Dawes Duraising, E. (2007). Targeted assessment of students' interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed. *The Journal of Higher Education*, 78 (2), 215-237.
- Carvajal Escobar, Y. (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*, 31, 156-169.
- Cebrián de la Serna, M. (2011). La evaluación formativa con e-portafolio y e-rúbrica, V Ciclo de conferencias: Enseñanza y Aprendizaje en la Universidad, Universidad de Vigo. Recuperado 27/05/2013, de http://vicadc.uvigo.es/opencms/export/sites/vicadc/vicadc_gl/documentos/ciclos_conferencias/Material.ePor_eRubic.pdf
- Davis, M. H. y Ponnampuram, G. G. (2003). Portfolio Assessment, *JVME*, 32, 279-284.
- De Miguel Díaz, M. (Dir.) (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el marco del EEES*. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo. Recuperado 23/05/2013, de <http://www.unizar.es/ice/images/stories/materiales/ea2005-0118.pdf>

- Díaz, I. y Alguero, A. (2009). Metodologías activas en Lógica: La opinión de los alumnos. *Actas del XVII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las enseñanzas Técnicas*. CUIEET.
- Fernández-Ríos, L. (2010). Interdisciplinariedad en la construcción del conocimiento: ¿Más allá de Bolonia?, *Innovación educativa*, 20, 157-166.
- Forster, M. y Masters, G. (1996) *Portfolios. Assessment Resource Kit*. Melbourne: Australian Council for Educational Research (ACER).
- Gallego, D., Cacheiro, M.L., Martín, A.M. y Angel, W. (2009). El ePortfolio como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. 30, 1-12. Recuperado 29/03/2013, de <http://edutech.rediris.es/revelec2/revelec30/>
- Glasgow, N. (1997). *New Curriculum for New Times: A Guide to Student-Centered, Problem-Based Learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press
- Klenowski, V. (2005). *Desarrollo de Portafolios para el Aprendizaje y la Evaluación. Procesos y Principios*. Madrid: Narcea.
- Martínez-Segura, M.J. (Coord.) (2009). *El Portafolios para el aprendizaje y la evaluación. Utilización en el contexto universitario*. Universidad de Murcia: Editum.
- Morillo, F., Bordons, M. y Gomez, I. (2003). Interdisciplinarity in Science: A Tentative Typology of Disciplines and Research Areas. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54, 1237-1249.
- OECD. (1998). *Interdisciplinarity in Science and Technology*. T. Directorate for Science, and Industry, Paris: OECD Organization for Economic Cooperation and Development; 1998.
- OECD. (2012). *PERSPECTIVAS AMBIENTALES DE LA OCDE HACIA 2050. Consecuencias de la inacción*, OECD Organization for Economic Cooperation and Development; 2012.
- Pabón Fernández, N.C. (Coord.) y Trigos Carrillo, L.M. (2012). En *Estrategias y orientaciones para la formación en competencias y pensamiento complejo*, INNOVA CESAL pp.19-65.
- Palomares Ruiz, A. (2011). El modelo docente universitario y el uso de nuevas metodologías en la enseñanza, aprendizaje y evaluación. *Revista de Educación*, 355, 591-604.
- Perkins, D. (1998). What is understanding? En M. S. Wiske (Ed.), *Teaching for understanding: Linking research with practice* (pp. 39-57). San Francisco: Jossey-Bass.

Pinar Sepúlveda, M. A. y Gracia Morán, J. (2007) Aplicación del portafolio como estrategia de evaluación formativa. *Actas de la XIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, JENUI 2007 Universidad de Zaragoza, 249-256.

Romero López, M. A. y Crisol Moya, E. (2011). El portafolio, herramienta de autoevaluación del aprendizaje de los estudiantes. Una experiencia práctica en la Universidad de Granada. *Revista Docencia e Investigación*, 21, 25-50.