

# Recursos en Internet y ArcGis, herramientas para la enseñanza tutorizada de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Ciencias Ambientales.

Esperanza AYUGA TÉLLEZ

Departamento de Economía y Gestión Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.  
[esperanza.ayuga@upm.es](mailto:esperanza.ayuga@upm.es)

Concepción GONZÁLEZ GARCÍA

Departamento de Economía y Gestión Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.  
[concepcion.gonzalez@upm.es](mailto:concepcion.gonzalez@upm.es)

Javier VELÁZQUEZ

Departamento de Planificación y Proyectos. Universidad Politécnica de Madrid.  
[javier.velazquez@upm.es](mailto:javier.velazquez@upm.es)

Susana MARTÍN FERNÁNDEZ

Departamento de Economía y Gestión Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.  
[susana.martin@upm.es](mailto:susana.martin@upm.es)

**Sesión Invitada:** Software y recursos informáticos aplicados a la enseñanza de la Ingeniería

## RESUMEN

La Licenciatura de Ciencias Ambientales tiene como objetivo principal la formación de recursos humanos de alta calidad, para el estudio multidisciplinar y la solución de problemas ambientales.

La materia Sistemas de información Geográfica es complementaria en la formación de algunos alumnos de esta licenciatura en la Universidad Politécnica de Madrid. Debido a esta característica son pocos los estudiantes que la tienen en su curriculum, lo que permite un aprendizaje tutorizado.

La epistemología del aprendizaje de los SIG tiende a la confusión entre conocimiento e información o ciencia y tecnología. Las características de su temática ayudan a desarrollar una mente ordenada y compleja, lo que permite la integración de los diferentes conocimientos de los alumnos de esta titulación.

A través de los recursos de Internet y el software de ArcGis se muestran las operaciones básicas de cualquier SIG y se identifican los recursos y operaciones necesarias para realizar un proyecto de información ambiental.

La experiencia del año 2006 se realizó en el marco de un proyecto de Innovación educativa que incluyó la elaboración de proyectos SIG empleando datos reales y recursos en Internet. Los proyectos fueron elaborados individualmente por los alumnos de la asignatura con la ayuda de un tutor. Posteriormente se realizó la presentación pública de los mismos, con un debate posterior entre profesores y alumnos que habían participado en el curso.

Los estudiantes del curso se mostraron participativos, valorando la experiencia muy positivamente y alcanzando un alto nivel de conocimientos y capacidades.

**Palabras clave:** SIG, enseñanza tutorizada, Internet, ArcGis.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Diariamente, miles de empresas, industrias y gobiernos de todo el mundo, utilizan la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para ayudar a resolver complicados problemas y mejorar nuestra calidad de vida. Los SIG se utilizan para combatir el crimen, planificar mejores usos de la tierra, reducir el congestionamiento urbano o localizar recursos para mejorar grupos y áreas.

Los SIG son una importante herramienta para la comprensión y preservación de nuestro medio ambiente. Son utilizados en esfuerzos para controlar la contaminación, proteger especies en peligro, detectar la deforestación, identificar y comprender los hábitats de animales, etc.. Industrias privadas y agencias gubernamentales también hacen uso de estas herramientas para aprovechar nuestros recursos naturales con mayor prudencia y habilidad. Se utilizan para localizar la mejor ubicación de vertederos, depósitos de agua, centrales energéticas, etc. Jefaturas de bomberos y policía utilizan los SIG para enviar vehículos de emergencia a lugares de incidentes. También son utilizados para manejar el flujo de tráfico y ubicar adecuadamente la señalización vial de forma de poder transportarse sin dificultades. Las empresas de servicios lo utilizan para administrar sus redes (agua, telefonía, etc.). Cientos de Institutos Sanitarios, a través de los GIS pueden determinar los focos infecciosos y poder prevenir epidemias. Numerosas empresas privadas también utilizan esta tecnología.

Así como los SIG se utilizan para diversas aplicaciones en el mundo real, pueden usarse en la enseñanza como una valiosa herramienta pedagógica. En la epistemología del aprendizaje de los SIG se confunden, en ocasiones, conocimiento con información, sabiduría con mero conocimiento y la ciencia se equipara a tecnología [1]. El aporte fundamental de los SIG a la enseñanza universitaria es que resultan adecuados para adquirir una mente ordenada y compleja.

La asignatura de SIG permite: realizar análisis estadísticos georeferenciados en los procesos ambientales y representar gráficamente los resultados.

En la Universidad Politécnica de Madrid se imparte desde hace una ocho años la Licenciatura en Ciencias Ambientales. La titulación tiene como objetivo principal la formación de recursos humanos de alta calidad, para el estudio multidisciplinar y la solución de problemas ambientales.[2].

La característica fundamental del plan de estudios de esta titulación es que se trata de estudios de segundo ciclo, en los que los estudiantes ya son titulados universitarios, con diferentes formaciones básicas. Muchos de ellos ya han cursado asignaturas equiparables a la materia que nos ocupa, por lo que "Sistemas de información Geográfica" es una asignatura complementaria en la formación de algunos de ellos solamente.

Hace cinco años que se consideró la introducción de esta materia en el conjunto de la formación del Licenciado en Ciencias Ambientales. Al principio se impartían clases tradicionales, donde se perdía el sentido integrador y aplicado de ésta. Por otro lado, la enseñanza del uso de una herramienta como ArcGis exclusivamente no creíamos que fuera suficiente para capacitar a los futuros licenciados ante las variaciones de los productos del mercado.

Tras varios cursos en que se utilizaron diferentes métodos de enseñanza, el año 2006 se realizó una nueva experiencia en el marco de un proyecto de innovación educativa, financiado por la Universidad Politécnica de Madrid, para la adecuación de las enseñanzas universitarias al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior) [3].

El programa de la materia en el año 2006 se diseñó teniendo en cuenta todos estos antecedentes. En concreto, los contenidos deben servir para :

- Complementar la diferente formación en esta materia que presentan los recursos humanos que acceden a la Licenciatura
- Dominar el lenguaje de las herramientas SIG.
- Lograr la interacción entre los modelos matemáticos, la estadística aplicada y el desarrollo de tecnología SIG.
- Gestionar y tratar la información mediante el análisis estadístico de imágenes.
- Conseguir presentaciones de los resultados con contenidos válidos, convincentes y estéticos.

En este curso se fijaron distintos objetivos para la asignatura:

- **Adquirir competencias transversales** como la capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica, organizar y planificar, habilidad para gestionar información y para expresarse en público.
- **Adquirir competencias específicas** como conocer las herramientas básicas de los SIG: captura, almacenamiento y tratamiento de la información. También comprender qué problemas puede resolver un SIG y aplicarlo en un proyecto de gestión ambiental.

En el curso anterior se tenía como único objetivo la adquisición de competencias específicas por lo que se habían resaltado la importancia de los contenidos teóricos y el uso de los recursos de enseñanza por medio de la red.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Durante los tres últimos cursos académicos, el profesorado que impartió las clases fue el mismo. Dos profesores se hicieron cargo de la parte teórica y dos de la parte práctica.

En el año 2006 se inscribieron tres alumnos en la asignatura de SIG de la Licenciatura de Ciencias Ambientales (el mismo número que en el curso anterior). Dos de ellos eran de origen suizo y pertenecían al programa ERASMUS.

La acción sobre educación superior denominada Erasmus pretende mejorar la calidad de la educación superior y reforzar su dimensión europea, fomentando la cooperación transnacional entre universidades, potenciando la movilidad europea y mejorando la transparencia y el reconocimiento académico de estudios y cualificaciones en el seno de la Unión Europea [4]

La enseñanza se basó en: la clase magistral, proyectos de aprendizaje tutorizados, y presentaciones públicas que incluían un debate posterior.

Las clases teóricas de la asignatura se impartieron con ayuda de presentaciones de PowerPoint y se realizaron en un bloque inicial, durante el cual se animó a los estudiantes a utilizar los recursos en red recomendados por los profesores.

Los recursos de Internet son un soporte activo para el aprendizaje. Ante la cambiante y globalizada sociedad de la información, que exige a sus ciudadanos una formación permanente, Internet proporciona numerosos instrumentos que facilitan el aprendizaje autónomo, el trabajo colaborativo y la personalización de la enseñanza. Con todo ello, y a la luz de las perspectivas socio-constructivistas del aprendizaje, se va perfilando un nuevo paradigma para la enseñanza en el que la información está en todas partes, la comunicación puede realizarse en cualquier momento (comentarios, consultas, seguimiento...) y el profesorado adopta un rol más orientador del aprendizaje de los individuos [5].

El uso de Internet podría aportar, entre otros, los siguientes beneficios a los estudiantes:

- Desarrollar habilidades para buscar, analizar y seleccionar información.
- Fomentar la cooperación con otras culturas.
- Aumentar la motivación para aprender, fomentando su curiosidad.

En los últimos años han proliferado los recursos en Internet relacionados con la enseñanza de los SIG. En La Universidad Politécnica de Madrid los estudiantes tienen fácil acceso a Internet. Dentro de la amplia oferta existente, se recomendaron materiales didácticos on-line y otras páginas web de interés educativo para facilitar y enriquecer el aprendizaje de esta materia:

<http://www.ceagi.org/portal> : Cooperativa de Enseñanza y Aprendizaje Geográfico Integral (CEAGI), iniciativa -sin objetivo de lucro-dedicada a sumar esfuerzos de los interesados en las temáticas (o problemáticas) relacionadas con las Ciencias Geográficas en el sentido extenso de la palabra. Desde su

fundación, el CEAGI se define como un espacio de colaboración, cuya filosofía se encuentra basada en las prácticas milenarias del trabajo cooperativo [6].

<http://www.nosolosig.com/> : Nosolosig es un portal Web independiente sobre las Tecnologías de la Información Geográfica y cuenta con una enorme fuente de recursos sobre los Sistemas de Información Geográfica (SIG / GIS), Cartografía, Teledetección, Navegación.... [7]

<http://recursos.gabrielortiz.com/> : es una página que contiene una variada información para los profesionales relacionados con los SIG. Contribuye a transmitir conocimiento y se puedan encontrar ejemplos de código fuente para programación SIG, trucos, comentarios, algunas noticias...[8]

<http://www.innovativegis.com/basis/>: Se trata de una página en lengua inglesa, con clases en presentaciones de PowerPoint y textos incluidos, ejemplos y diversos enlaces, todo sobre los modelos utilizados en los SIG [9].

<http://www.geogra.uah.es/gisweb/>: Un portal con una herramienta multimedia de autoaprendizaje en Internet que incluye diferentes módulos sobre conceptos de SIG [10].

Las clases prácticas se realizaron a continuación de las teóricas, constituyendo un 65% del peso de las clases presenciales. Los alumnos disponían de un ordenador para cada uno donde podían ejecutar las acciones que el profesor les proponía, utilizando en el aprendizaje de las operaciones de un SIG el software ArcGis.

ArcGIS es un sistema de información geográfica comercial integrado por tres aplicaciones diferentes: el ArcMap (semejante al ArcView 3.x), el ArcCatalog (semejante al Windows Explorer para datos espaciales) y el ArcToolbox (conjunto de herramientas de conversión de datos) [11] y [12].

Dentro de los recursos en Internet que se recomendaron a los alumnos está un tutorial de autoaprendizaje de este SIG.

[http://www.gratisweb.com/arcgis/index\\_es.htm](http://www.gratisweb.com/arcgis/index_es.htm): que es un tutorial multimedia de aprendizaje de ArcGis en español realizado en 2002 con adiciones posteriores [13].

El aprendizaje a través de proyectos tutorizados se basó en la realización de un proyecto teórico o práctico que requería el empleo de los conocimientos y capacidades necesarios para superar la asignatura.

Para realizar los proyectos se les mostró un conjunto amplio de bibliografía para consultar y también se les ofreció la posibilidad de un proyecto puramente teórico basado totalmente en dichas fuentes. Además contaron con la guía permanente de un profesor.

Las presentaciones públicas de los proyectos y el debate posterior sobre los resultados obtenidos se efectuó al finalizar el curso. Los alumnos emplearon PowerPoint en sus exposiciones ante el profesorado y el resto de los estudiantes de la asignatura.

### 3. RESULTADOS.

La participación en las clases de los estudiantes fue de un 100% de asistencias, con una participación muy activa en la parte práctica.

Ninguno de los estudiantes empleó los recursos de Internet mientras duraron las clases presenciales.

Los dos alumnos ERASMUS realizaron proyectos de obtención de mapas integrados basándose en datos reales y en información conseguida a través de la red. Dichos alumnos utilizaron en el desarrollo de su proyecto bibliografía y información contenida en la red. El alumno restante realizó un trabajo sobre una parte teórica, en el que sí empleó diferentes recursos bibliográficos y de Internet, pero no utilizó un SIG comercial.

Uno de los proyectos prácticos consistió en la elaboración de los mapas de erosión de tres montes (Figura 1). Para ello, utilizó un mapa digital del terreno en raster, un mapa forestal y uno geológico vectoriales. Realizó una superposición de los tres mapas y una reclasificación para obtener los niveles erosivos según las pérdidas en toneladas por hectárea [14].

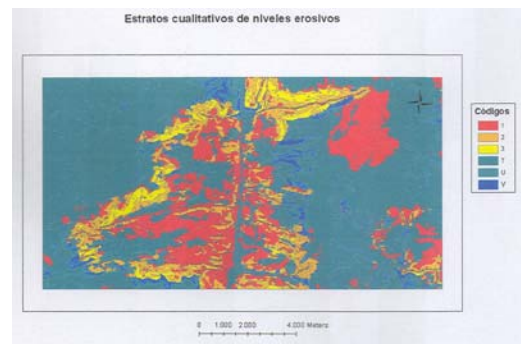


Figura 1. Mapa cualitativo de niveles erosivos. Trabajo de la Licenciatura en Ciencias Ambientales.

El otro proyecto consistió en establecer índices relativos a los riesgos de incendios para tres montes españoles. El estudiante integró la información contenida en cinco mapas que recogen información sobre pendiente, insolación, combustible vegetal, cercanía a núcleos urbanos y proximidad a las vías de comunicación (Figura 2). El alumno tuvo que realizar superposición de mapas, buffer y cálculos de índices con reclasificación de valores [15].

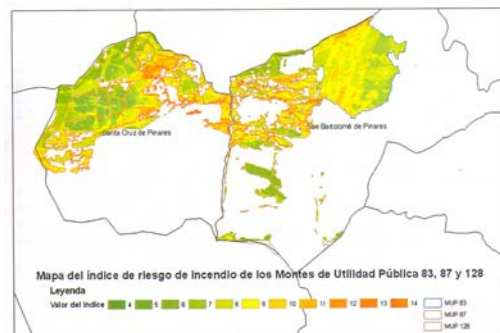


Figura 2. Mapa de índice de riesgo de incendio. Trabajo de la Licenciatura en Ciencias Ambientales.

El proyecto teórico constituyó un estudio sobre técnicas de interpolación utilizadas en los modelos digitales del terreno, fundamentalmente, basadas en los polígonos de Voronoi y la triangulación de Delaunay. El trabajo incorporó en su desarrollo alguno de los algoritmos de cálculo de este método. Durante el desarrollo de este proyecto se emplearon pocas horas en la tutela, debido a las características de la autora. En la presentación pública posterior se comprobó el buen trabajo de búsqueda de información y síntesis realizado. También se

comprobó que se había alcanzado la comprensión de los conceptos requeridos para el estudio. Parte de la información utilizada por la autora del proyecto se consiguió a través de una serie de páginas web donde se muestra el cálculo de éstos algoritmos.

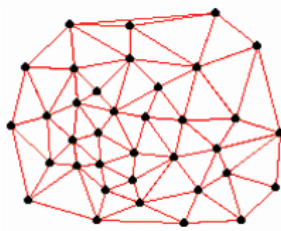


Figura 3. Triangulación de Delaunay [16].

En general, la calidad de las presentaciones públicas realizadas por los estudiantes mostró un alto nivel de calidad. Todos emplearon herramientas informáticas en la realización de los trabajos y en la exposición de los mismos. En la discusión posterior sobre los mismos, los estudiantes se mostraron seguros en las respuestas y expresaron sus conocimientos con claridad.

La opinión de los profesores sobre el resultado de esta experiencia es que ha resultado gratificante. Se podría destacar el nivel de participación de los alumnos y el logro de una gran parte de los objetivos propuestos. A lo largo del curso adquirieron las competencias transversales y específicas más destacadas. Desarrollaron la capacidad de aplicar a la práctica los conocimientos, buscaron y sintetizaron información con buenos resultados, adquirieron conocimientos y mostraron su capacidad para exponerlos con claridad.

La apreciación de los alumnos de este curso es buena. Dentro de los comentarios realizados por los alumnos que participaron en el proyecto práctico se resalta el aprendizaje realizado de la herramienta ArcGis [17], la realización de un proyecto práctico individualizado con datos reales y la tutorización personalizada durante el curso [18].

En cuanto a los resultados académicos de este curso, comparados con los del curso anterior [19], se recogen en la tabla 1. Las calificaciones que pueden otorgarse a los alumnos varían de 0 a 10, ambos inclusive, con una cifra decimal.

AÑO	2005	2006
Nº de matriculados	3	3
% aprob/prest.	100%	100%
Calificación	Nº de alumnos	
6,0	3	0
8,5	0	1
9,0	0	1
9,6	0	1

Tabla 1. Resultados académicos comparados de dos cursos consecutivos.

La calificación media del año 2005 fue de 6 puntos sobre 10 y la media del año 2006 fue de 9 puntos sobre 10.

En la figura 4 se agrupan las calificaciones en clases de diferente amplitud: [0,5), donde se incluyen todas las calificaciones con las que no se considera aprobada la materia; [5,6) y [6,7) con calificación de aprobados; [7,8) y [8,9) con calificación de notable y [9,10] con calificación de sobresaliente.

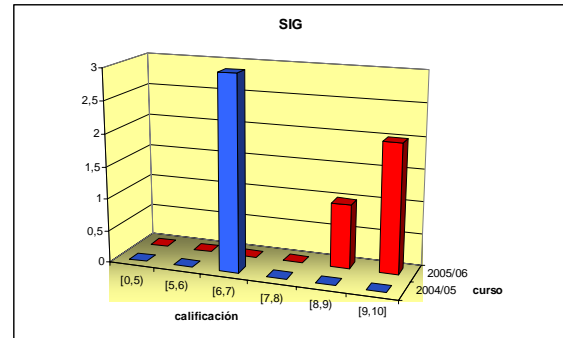


Figura 4. Histograma de las calificaciones de los dos últimos cursos.

Se observa en los resultados de la Tabla 1 y de la Figura 4 que los estudiantes en el año 2006 obtuvieron mejores calificaciones que las conseguidas por los alumnos del año anterior.

#### 4. DISCUSIÓN

Las nuevas tecnologías han estado muy ligadas al aprendizaje de los SIG desde su inicio. Los recursos presentes en Internet para el aprendizaje de los SIG son muy numerosos. A pesar de la lista de recursos ofertada a los alumnos y a su facilidad para acceder a ellos durante el desarrollo de la materia su uso fue muy puntual.

El acceso a la red y a los recursos que contiene sólo la realizan los alumnos cuando sienten la necesidad inmediata. Durante las clases teóricas no se utilizaron los recursos recomendados, mientras que en la elaboración de los proyectos se buscó y utilizó información práctica referente a los proyectos que debían realizar.

Las prácticas con el programa ArcGis están muy valoradas por los alumnos y constituyen una parte importante del aprendizaje de esta materia.

Las diferencias fundamentales con el curso anterior consistieron en la realización de un proyecto tutorizado que también valoraron mucho los estudiantes.

Las diferencias entre las calificaciones de ambos cursos son asignables a dos causas:

1º A los estudiantes, personas diferentes presentan un nivel de motivación y una capacidad distinta. El escaso número de alumnos matriculados en la asignatura cada curso no permite inferir resultados medios representativos.

2º A la introducción del proyecto tutorizado dentro de la metodología de enseñanza/aprendizaje del año 2006.

Estas dos causas son las únicas diferencias reales detectadas entre ambos cursos y son, por tanto, las únicas que pueden haber influido en las calificaciones finales de la asignatura.

Para poder concluir si la realización del proyecto tutorizado es uno de los factores determinantes de los resultados obtenidos, será necesario reproducir esta metodología en años sucesivos, hasta contar con una cantidad de estudiantes suficiente para confirmar esta relación.

## 5. CONCLUSIONES

La metodología de enseñanza/aprendizaje utilizada en el año 2006 para la materia de SIG en la Licenciatura en Ciencias Ambientales consistió en:

- Clases teóricas con referencias a recursos presentes en Internet.
- Clases prácticas con ArcGis.
- Realización de un proyecto tutorizado utilizando dicho software.
- Presentaciones públicas de los proyectos realizados.

Los estudiantes valoraron principalmente en esta asignatura las prácticas con ArcGis y la realización del proyecto, así como la labor de tutorización del mismo.

El uso de los recursos de Internet fue escaso y, en todos los casos, tuvo como objetivo la realización del proyecto y no el apoyo para el aprendizaje de la materia.

Los resultados académicos fueron significativamente mejores en el año 2006 que en el 2005. La diferencia entre las calificaciones medias fue de tres puntos sobre diez.

## 6. REFERENCIAS.

[1] González Faraco, J.C. y Ojeda Rivera, J.F. (2006) Reflexiones previas a la redacción de un proyecto docente universitario en ciencias sociales. <http://www.ceagi.org>

[2] Ayuga Téllez, E., Martín Fernández, S y González García, C. Guía de la asignatura Sistemas de Información Geográfica. 2005. <http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoEconomia/Estadistica/>

[3] C. González, J. E. Martínez-Falero, E. Ayuga y A. Díaz de Barrionuevo, La reforma de las enseñanzas técnicas y las tendencias europeas. Especial referencia a la Ingeniería de Montes en España. **1<sup>er</sup> Congreso Profesional de los Ingenieros de Montes. Madrid**, España (2002)

[4] ERASMUS. <http://www.mec.es/educa/ccuniv/erasmus/> Última actualización. 2005.

[5] Marquès Graells, Pere. Usos educativos de Internet (el tercer mundo). 1998 (última revisión: 31/12/05 ). <http://dewey.uab.es/pmarques/usuariosred2.htm>

[6] Cooperativa de Enseñanza y Aprendizaje Geográfico Integral. Coord. General Dr. Djamel Toudert- Inicio de actividad en diciembre del 2004. <http://www.ceagi.org/portal>

[7] Sánchez Carbonell, J.I. NosoloSig. Licencia de Creative Commons. 2005 <http://www.nosolosig.com/>

[8] Ortiz, G. GabrielOrtiz. 2003 <http://recursos.gabrielortiz.com/>

[9] Berry, J K. BASIS ...for GIS Education, Applications and Software. The Berry & Associates // Spatial Information Systems. 1988. <http://www.innovativegis.com/basis/>:

[10] Escobar et al. Gisweb Autoaprendizaje Multimedia. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. 2001 <http://www.geogra.uah.es/gisweb/>:

[11]Santiago, Ivan. **Fundamentos de ArcGis versión Arcview 9.1. Tutorial de lecturas.** Oficina de Gerencia y Presupuestos, Puerto Rico. 2005.

[12]Santiago, Ivan. **Fundamentos de ArcGis versión Arcview 9.1. Tutorial de ejercicios.** Oficina de Gerencia y Presupuestos, Puerto Rico. 2005.

[13] Nóbrega, R., traducido por Luis Hernán Retamal. Tutorial de ArcGis en español. Copyleft 2002,2003. [http://www.gratisweb.com/arcgis/index\\_es.htm](http://www.gratisweb.com/arcgis/index_es.htm):

[14] Lochmatter, S. y Velázquez, J. Elaboración de mapas de erosión con ArcGis. Trabajo en SIG para la Licenciatura en Ciencias Ambientales. Universidad Politécnica de Madrid (sin publicar). 2006

[15] Addor, N. y Velázquez, J. Estudio del riesgo de incendio para el término municipal de Santa Cruz de Pinares y los Montes de Utilidad Pública 83, 87 y 128 con el programa ArcGis. Trabajo en SIG para la Licenciatura en Ciencias Ambientales. Universidad Politécnica de Madrid (sin publicar). 2006

[16] Geometría Computacional. Aplicaciones Java desarrolladas por estudiantes del DMA (Departamento de Matemática Aplicada) de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. Diagramas de Voronoi y triangulaciones de Delaunay. <http://www.dma.fi.upm.es/docencia/segundociclo/geomcomp/voronoi.html>

[17] Addor, Nans. Rapport sur mon année à Erasmus à Madrid. Office de la Mobilité. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. 2006. <http://www.epfl.ch/soc/mobilite/>

[18] Lochmatter, S. Rapport sur un Sejour d'échange. Office de la Mobilité. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. 2006 <http://www.epfl.ch/soc/mobilite/>

[19] Ayuga Téllez, E., González García, C. y Grande Ortiz, M<sup>a</sup> Ángeles. Experiencia piloto para la adaptación al Sistema de Créditos Europeo (ECTS) en la docencia de materias básicas en la gestión ambiental. **VI Jornadas sobre la Actividad Docente e Investigadora en Ingeniería Agroforestal.** 2006