

# Creación de recursos digitales para la innovación docente en geología estructural y tectónica

Antoni Teixell

Albert Griera, María Luisa Arboleya, Eliseo Tesón e Isaac Corral

Departamento de Geología

Facultad de Ciencias

Universitat Autònoma de Barcelona

## Resumen

Este proyecto consiste en la elaboración de una serie de recursos didácticos en formato digital para la enseñanza de las materias de Geología Estructural y Tectónica en titulaciones relacionadas con las Ciencias de la Tierra. El objetivo es la mejora de la formación y del rendimiento de los estudiantes mediante la elaboración de actividades de apoyo no presenciales que fomenten el autoaprendizaje y la autorregulación por parte del estudiante. Las actividades intentan aprovechar las nuevas herramientas informáticas disponibles y fomentar el acceso mediante la red. El material que se elabora en el marco del proyecto consiste en: 1) un fondo documental de imágenes relacionadas con la Geología Estructural y la Tectónica con explicación, disponibles en red y accesibles mediante motores específicos de búsqueda, 2) un conjunto de ejercicios y casos prácticos, algunos de ellos resueltos, y 3) salidas de campo virtuales de una región geológica que permiten proponer actividades previas a una práctica presencial de campo o desarrollar la práctica de forma completamente autónoma.

## Ámbito general de interés de la innovación

*«The best geologist is the one who has seen the most rocks»*

H. H. Read, 1889-1970.

El proyecto está destinado a prestar apoyo a la docencia de las asignaturas troncales de Geología Estructural y Tectónica de la licenciatura de Geología de la UAB, aunque puede resultar de interés para estudiantes del sistema universitario que cursen estas materias en titulaciones de Ingeniería Geológica o de Minas, y de Ciencias Ambientales. También se dirige al profesorado del área de Geodinámica Interna, tanto a nivel estatal como internacional, para el que puede resultar útil disponer de un archivo digital interactivo de imágenes y ejercicios de estructuras geológicas.

## 1. Objetivos

La Geología Estructural y la Tectónica son ciencias con un fuerte componente visual, cuyos fundamentos residen en el análisis y la interpretación de las estructuras geológicas (pliegues, fallas, texturas de las rocas, etc.). Los primeros pasos del análisis consisten en una correcta identificación y descripción de las características geométricas de las estructuras. Estas destrezas no son adquiridas fácilmente por los estudiantes en la enseñanza tradicional en el aula, ya que, en buena parte, necesitan de una experiencia acumulativa de observación y síntesis de la diversidad natural. Con estas premisas, los objetivos generales del proyecto se pueden sintetizar como sigue:

1. Adaptar a las nuevas tecnologías el formato del material gráfico que se utiliza en la docencia, creando bases de imágenes digitales con diversas modalidades de acceso.
2. Elaborar nuevo material docente, como ejercicios en red y salidas de campo virtuales.
3. Fomentar la capacidad de análisis de los estudiantes y aumentar su experiencia mediante metodologías basadas en el autoaprendizaje.

Las competencias que pretendemos que desarrollen los estudiantes son las siguientes:

1. Capacidad de observación, identificación y síntesis de la información que proporcionan las estructuras geológicas naturales.
2. Destreza en el dibujo y la representación de los rasgos geométricos fundamentales de las estructuras, que debe servir de base para el posterior análisis e interpretación.
3. Capacidad de progresar en el conocimiento y la experiencia científica por medio del trabajo propio y de la autoevaluación.
4. Destreza en el uso de recursos digitales relacionados con las nuevas tecnologías.

## 2. Descripción del trabajo

El proyecto surge originalmente en el contexto de la docencia de Geología Estructural y Tectónica en la licenciatura de Geología impartida por diversos miembros del área de Geodinámica Interna en la Facultad de Ciencias de la Universitat Autònoma de Barcelona. Las asignaturas específicas que imparten los miembros del equipo, en las que se está aplicando el material elaborado en el marco del proyecto, son las siguientes:

1. Trabajos de campo de endógena (segundo curso de la licenciatura de Geología)
2. Introducción a la mecánica de rocas (segundo curso)
3. Geología estructural II (tercer curso)
4. Geotectónica (cuarto curso)

La situación de la que se parte en relación con la docencia de las materias citadas se caracteriza por un alto grado de presencialidad, tanto en el aula como en las salidas de prácticas de campo dirigidas por profesores. Actualmente, la enseñanza se realiza

de forma tradicional, con el apoyo de proyección de imágenes y gráficos y con prácticas basadas en ejercicios que se trabajan presencialmente en el laboratorio.

Como punto de partida, se dispone de un fondo documental de estructuras geológicas de campo formado por casi 2.000 fotografías, del cual se utiliza en las clases sólo una pequeña fracción en formato diapositiva. Una parte de la innovación docente pretendida consiste en aprovechar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, y en especial la red, con el fin de poner al alcance de los estudiantes una parte importante de ese fondo documental.

El plan de trabajo del proyecto contempla diversas actividades secuenciadas en el tiempo:

- Digitalización de imágenes del fondo documental (fotografías y gráficos).
- Elaboración de material explicativo de las imágenes y gráficos.
- Clasificación y organización de las imágenes en diferentes categorías y modalidades de acceso (según el tipo de estructuras geológicas, independientes del contexto, o agrupadas en itinerarios virtuales de campo).
- Preparación de ejercicios y casos prácticos que incluyan gráficos y fotografías de estructuras.
- Preparación de una colección de ejercicios resueltos.
- Creación de un sitio web donde estén disponibles los recursos generados.

El fondo digital es utilizado tanto por el profesorado, que dispone de una base de datos extensa de la que puede extraer material para las clases, como por los estudiantes, que tienen a su disposición una amplia documentación de estructuras geológicas naturales que pueden utilizar en las actividades no presenciales y en su aprendizaje.

El material se presenta de manera informativa (el fondo de imágenes propiamente dicho) y en forma de ejercicios o casos prácticos que resolver, que pueden requerir su entrega para ser evaluados o que pueden ser realizados por los estudiantes de manera que puedan autoevaluarse.

Respecto a la innovación sobre el trabajo de campo, se están desarrollando una serie de salidas de campo virtuales, entendidas como un conjunto interactivo de mapas geológicos, cortes geológicos y fotografías debidamente enlazados entre sí. Este recurso permite un reconocimiento virtual de la geología de una zona concreta, que puede ser más o menos completo dependiendo de si se quiere utilizar como ejercicio previo a la realización de la salida de campo real, o si se pretende una descripción de una zona de campo particularmente didáctica para trabajarla de forma totalmente virtual.

### 3. Metodología

Las acciones y los medios utilizados para desarrollar el proyecto son los siguientes:

1. Digitalización del fondo documental de Geología Estructural y Tectónica, integrado por dos millares de diapositivas de estructuras geológicas de diversas regiones del planeta, que ha sido acumulado por el profesorado del área de Geodinámica Interna

- a lo largo de los últimos cincuenta años. La digitalización del fondo se ha realizado con un escáner de diapositivas de alta resolución de imagen (aprox. 2000 ppm). De cada una de las imágenes se ha elaborado una copia a menor resolución, que es la que está accesible en red. Para cada imagen, finalmente, se ha redactado una explicación y, en algunos casos, se aportan ilustraciones complementarias.
2. Organización del fondo digital atendiendo a diversos criterios: temáticos (tipo de estructura), regionales (ilustrativos de la geología de una región determinada), etc.
  3. Desarrollo de un motor de búsqueda del fondo de imágenes que pueda responder a diversos criterios y que pueda ser utilizado por el profesorado/estudiante a la hora de plantear ejercicios, estudios, etc.
  4. Publicación en red del fondo de imágenes con las ilustraciones y explicaciones complementarias, para que pueda ser utilizado como recurso de autoaprendizaje por parte de los estudiantes ([http://einstein.uab.es/c\\_geotectonica/reditec/2008](http://einstein.uab.es/c_geotectonica/reditec/2008)). Adecuación del motor de búsqueda a las características especiales de la red. La figura 1 presenta un ejemplo de ficha del fondo documental, con la imagen de la estructura geológica que se trabaja, su explicación y las ilustraciones complementarias.
  5. Elaboración de un conjunto de casos prácticos y ejercicios para el estudiante. Estos ejercicios, que serán distribuidos en red, podrán contener tanto la solución como un baremo de autoevaluación adaptado al nivel del curso, con el fin de que el estudiante

Figura 1. Ejemplo de una ficha del fondo documental, con explicaciones e ilustraciones adicionales

#### SUPERPOSICIÓN DE PLIEGUES (PLAYA DE CARIÑO, LA CORUÑA)



##### Observación

Los pliegues de la fotografía deforman la formación denominada gneises de Cariño, que son rocas metamórficas cuarzo feldespáticas con un bandeo composicional definido por la alternancia de niveles psamíticos y pelíticos. Estos gneises derivan probablemente de rocas sedimentarias y por lo tanto se trata de paragneises.

##### Descripción de las estructuras

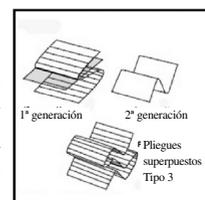
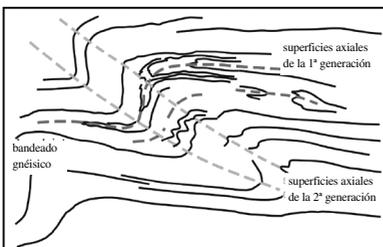
En la parte central de la imagen se observa que las capas más claras dibujan pliegues isoclinales. Si se dibuja la superficie axial de estos pliegues, se ve que está deformada por pliegues más abiertos.

En la esquina inferior derecha de la imagen se observan pliegues con un flanco corto vertical y un flanco horizontal más largo. Las superficies axiales de estos pliegues se inclinan hacia la derecha.

Si prolongamos las superficies axiales de estos pliegues, vemos que pliegan las superficies axiales de los pliegues isoclinales del centro.

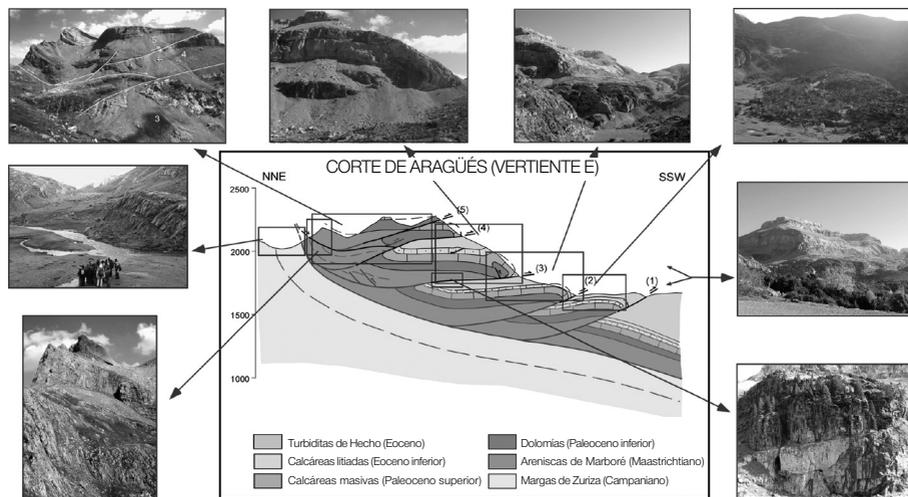
##### Interpretación

Se trata de un ejemplo de superposición de dos fases de plegamiento. Los pliegues isoclinales de la primera generación están deformados por los asimétricos de la segunda generación. La orientación de los ejes de los pliegues de ambas generaciones es cercana, pero los planos axiales son oblicuos; esta geometría corresponde al tipo 3 de interferencia de los pliegues de Ramsay.



- pueda realizar un seguimiento de su progreso. Para este fin se dispone de una colección de ejercicios utilizados habitualmente por el profesorado en formato no digital.
6. Creación de recorridos de campo virtuales, que permitan a los estudiantes observar las estructuras en su contexto geológico sin tener que desplazarse sobre el terreno, o como actividad previa a una salida de campo presencial. Por eso se cuenta con documentación sobre diversas unidades tectónicas del entorno: mapas y cortes geológicos, fotografías, muestras de rocas, etc. La figura 2 muestra un ejemplo de esta última actividad, correspondiente a un corte geológico de un sector de los Pirineos ilustrado con un conjunto de imágenes. La salida de campo virtual se puede encontrar completa en el CD anexo y se enmarca en la asignatura troncal de Geotectónica de la licenciatura de Geología de la UAB.

Figura 2. Ejemplo de ilustración de una salida de campo virtual, que muestra el enlace entre la información gráfica (corte geológico) y las imágenes de campo de distintas partes del corte



El corte geológico de Aragüés del Puerto (Pirineos aragoneses) muestra un imbricado abanico de cinco escamas cabalgantes que afecta a rocas sedimentarias del Cretáceo superior al Eoceno. Cada escama presenta pliegues asociados a los solapamientos, anticlinales en el bloque superior y sinclinales en el bloque inferior. Los cinco solapamientos imbricados convergen en una superficie de desenganche basal paralela a la estratificación, y el conjunto está plegado por un sinclinal de mayor orden formado posteriormente (los recuadros azules enlazan con imágenes de campo de distintas partes del corte).

7. Definición de los mecanismos de control y evaluación de las innovaciones docentes. Consiste en la elaboración de un conjunto de criterios que permitan cuantificar el grado de consecución de las competencias por parte de los estudiantes. Debe comportar la recogida de las tareas realizadas por los estudiantes con el fin de registrar una estadística del progreso en cursos sucesivos.

#### 4. Resultados preliminares

En el momento de escribir el presente trabajo, el proyecto se encuentra en fase de desarrollo, de manera que no se dispone de resultados completos en relación con su aplicación. No obstante, se ha realizado una puesta en práctica en la asignatura «Trabajos de campo de endógena I» durante el segundo semestre del curso 2007-2008. Esta asignatura corresponde a un campamento de Geología realizado con el objetivo de iniciar a los estudiantes en el trabajo práctico de campo. El material que se ha elaborado consiste en una guía virtual de la zona de trabajo de campo con la explicación de los objetivos y del contexto geológico, y una serie de fotografías ilustrativas sobre estructuras de encabalgamiento de otras zonas de la Tierra, estructuras que constituyen el principal objeto de estudio de la asignatura. Para aprovechar la base de imágenes durante el trabajo de campo, se ha imprimido y plastificado una selección de fotografías de encabalgamientos para distribuir las entre los estudiantes. El análisis de estas imágenes debía permitir al estudiante definir los principales elementos para el reconocimiento de este tipo de estructura sobre el terreno.

Los mecanismos por los que se han analizado los resultados han sido: 1) la evaluación de un ejercicio práctico de campo y 2) la distribución de una encuesta sobre la utilidad del recurso docente para valorar el grado de satisfacción de los estudiantes.

La práctica ha consistido en un ejercicio de interpretación de un afloramiento de campo mediante la elaboración de un esquema que recogiera sus principales elementos. La práctica se llevó a cabo en dos fases: una previa a la distribución de la selección de imágenes entre los estudiantes, y otra posterior a su análisis. El trabajo realizado en cada fase se recogió para su calificación, así como para comparar los resultados y evaluar la mejora del rendimiento de los estudiantes. El total de estudiantes que hicieron la práctica es de 33, distribuidos en dos grupos. Los resultados muestran que la nota media del ejercicio aumenta en un 91 % después de la aplicación de la innovación, y que los errores de interpretación considerados inaceptables se reducen de forma muy notable.

El análisis de la encuesta, por otra parte, ha puesto de manifiesto que el grado de satisfacción de los estudiantes es alto: la utilidad del trabajo con los recursos digitales ha sido valorada con una calificación media de 7,7 sobre 10. Entre los aspectos que se destacan figura la disponibilidad de información previa sobre el contexto geológico de la salida, que ha ayudado a comprender mejor el trabajo, aclarando los conceptos y reduciendo el tiempo de interpretación en el campo. Entre los puntos fuertes del uso de imágenes ajenas a la zona de trabajo, los estudiantes han destacado su utilidad a la hora de interpretar las estructuras reales trabajadas y como base para extraer los aspectos esenciales que observar y describir. Como punto de mejora, los estudiantes han señalado que las imágenes ubicadas en red todavía no disponían de explicaciones e ilustraciones adicionales para facilitar su comprensión, con lo que resulta manifiesta la necesidad de acompañar la base de imágenes con explicaciones de cada estructura. Aunque estos resultados se deben considerar preliminares, dan una idea positiva de la utilidad de aplicar las metodologías del proyecto.

## 5. Conclusiones

Los recursos elaborados en el marco de este proyecto serán utilizados en el futuro en las nuevas asignaturas que surgirán de la remodelación de los planes de estudio en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior, sistema donde el trabajo personal y el autoaprendizaje adquirirán especial relevancia y para el que está particularmente diseñada la innovación docente que describimos. Por otra parte, como se ha apuntado anteriormente, se pretende que parte del material producido esté disponible en red para otros usuarios ajenos a la UAB.

La utilización del material digital elaborado hasta el momento ha permitido que las clases presenciales de Geología Estructural y Tectónica sean más participativas, lo que ha facilitado la discusión e interpretación de las estructuras explicadas. Este hecho está siendo valorado muy positivamente por los estudiantes. Por otra parte, las salidas de campo virtuales como preparación previa a la salida real sobre el terreno y el uso piloto de la base de imágenes han constituido una experiencia que ha favorecido notablemente el desarrollo del trabajo en el campo.

En el futuro, el proyecto se desarrollará elaborando el material de estudio (ejercicios para completar y ejemplos ya interpretados) e incrementando el número de salidas de campo virtuales, ligadas a salidas reales o no.

## Referencias

- RAMSAY, J.G.; HUBER, M. I. (1983-1987). *The techniques of modern Structural Geology (2 Volumes)*. Londres: Academic Press.
- TEIXELL, A. (1996). «The Ansó transect of the southern Pyrenees: basement and cover thrust geometries», a *Journal of the Geological Society of London*, 153, 301-310.
- TWISS, R. J.; MOORES, E. M. (1992). *Structural Geology*. Nueva York: W.H. Freeman.
- VAN DER PLUIJM, B. y MARSHAK, S. (2003) (2.<sup>a</sup> edición). *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics*. San Francisco: www. Norton & Company.

## Accesos de interés

- Web de la innovación: [http://einstein.uab.es/c\\_geotectonica/reditec](http://einstein.uab.es/c_geotectonica/reditec) [2008]
- <http://www.diogenes.ethz.ch/index.asp> [2008]
- <http://www.geo.uib.no/struct/index.html> [2008]
- <http://funnel.sfsu.edu/courses/geol102/ex2.html> [2008]
- <http://earth.leeds.ac.uk/learnstructure/> [2008]

## Palabras clave

Geología estructural, tectónica, recursos digitales, autoaprendizaje.

**Financiación**

Este proyecto está financiado por el programa de la AGAUR de Mejora de la Calidad Docente de las Universidades Catalanas (MQD) para el año 2006 (número identificador 2006MQD00002).

**Materiales complementarios del CD-ROM**

Demostración de la web REDITEC: Recursos Digitales de Geología Estructural y Tectónica. Salida de campo virtual de Geología y galería de imágenes de estructura.

**Responsable del proyecto**

Antoni Teixell  
Departamento de Geología  
Facultad de Ciencias  
Universitat Autònoma de Barcelona  
antonio.teixell@uab.cat

**Presentación del grupo de trabajo**

El grupo de trabajo está constituido por profesores e investigadores de la Unidad de Geotectónica del Departamento de Geología. El grupo tiene amplia experiencia (de más de veinte años en el caso de los profesores Teixell y Arboleya) en docencia e investigación en el ámbito de la Geología Estructural, y se ocupa del estudio de la deformación de las rocas de la corteza terrestre a diferentes escalas, desde la textura a escala microscópica a la estructura de conjunto de las cordilleras y su relación con la tectónica de placas. La investigación del grupo ha sido publicada en las principales revistas especializadas, nacionales e internacionales.

**Miembros que forman parte del proyecto**

Albert Grieria  
Departamento de Geología  
Facultad de Ciencias  
Universitat Autònoma de Barcelona  
albert.grieria@uab.cat

María Luisa Arboleya  
Departamento de Geología  
Facultad de Ciencias  
Universitat Autònoma de Barcelona  
marialuisa.arboleya@uab.cat

Eliseo Tesón  
Departamento de Geología  
Facultad de Ciencias  
Universitat Autònoma de Barcelona  
eliseo.teson@uab.cat

Isaac Corral  
Departamento de Geología  
Facultad de Ciencias  
Universitat Autònoma de Barcelona  
isaac.corral@uab.cat

