

# Las prácticas de campo de Geología como elemento dinamizador del aprendizaje en las titulaciones de Ingeniería Civil

Alejandro Lomoschitz <sup>a</sup>, Juan R. Jiménez <sup>\*a</sup>, Ignacio Menéndez-Pidal<sup>b</sup>, Eugenio Sanz<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España;

<sup>b</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid, España

## ABSTRACT

Transcurridos ya varios años desde la implantación en España del Grado en Ingeniería Civil y el Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, es conveniente resaltar la importancia de las prácticas de campo de las asignaturas de Geología e Ingeniería Geológica (PCG). Para los PCG de primeros cursos (1º y 2º) se proponen cuatro objetivos básicos: (a) favorecer la comprensión de conceptos geológicos básicos; (b) aprender a observar el terreno y a describirlo; (c) aprender a dibujar croquis o esquemas geológicos; y (d) redactar una memoria de la práctica. En los cursos avanzados, se pueden extender los objetivos a la realización de tareas más complejas, como pueden ser: (a) redactar el contexto geológico de una zona; (b) realizar un itinerario geológico por el trazado de una obra civil; (c) reconocimiento de terrenos problemáticos; y (d) hacer propuestas de soluciones constructivas para dichos terrenos. Y con carácter general, resulta muy positiva la realización de visitas de obra, que estén en ejecución, con los técnicos que allí trabajen.

**Keywords:** Civil Engineering, Geology Fieldtrip, EEES, Geology learning, Engineering Geology

## 1. INTRODUCCIÓN

Las prácticas de campo de las asignaturas de Geología e Ingeniería Geológica (en adelante PCG) han sido parte esencial de las enseñanzas universitarias de diversas Facultades de Ciencias (Geológicas, Biológicas, Medio Ambientales) y Escuelas de Ingeniería (Minas, Caminos, Canales y Puertos, Agrónomos, Montes) desde sus comienzos respectivos [1]. Una vez dentro del EEES (Espacio Europeo de Enseñanza Superior), a partir de los Reales Decretos RD 1393/2007 y RD 861/2010, y transcurridos ya algunos años de la implantación en España de las titulaciones de Grado en Ingeniería Civil y de los Másteres de Ingeniero de Caminos y de Ingeniero Geólogo, puede ser un buen momento para replantear y volver a poner en valor las PCG como elemento dinamizador del aprendizaje en dichas titulaciones.

## 2. ASPECTOS POSITIVOS DE PARTIDA

El axioma clásico que dice: “*la Geología donde realmente se aprende es en el campo*”, sigue siendo válido hoy. Por un lado, los grandes avances tecnológicos de la “era digital” ayudan sin duda a la trasmisión de los conocimientos de Geología, en gran parte basados en las imágenes y en los SIG. Y por otro lado, la adquisición de información proveniente del terreno sigue siendo necesaria en diversos ámbitos de la Ingeniería y de la Edificación.

Por ello, las PCG son actualmente un complemento muy necesario de las clases de aula y de laboratorio en las enseñanzas universitarias. Según nuestra experiencia, todos los esfuerzos y medios que se pongan para integrar los conceptos teóricos y prácticos de la Geología, repercuten muy positivamente en la formación de los estudiantes de ingeniería. En primer lugar, las PCG consiguen estructurar en su mente los conocimientos de manera más lógica y profunda; y en segundo lugar, los conocimientos y las nuevas destrezas adquiridas resultan de gran utilidad en los cursos superiores y en la práctica profesional.

[\\*juan.jimenez@ulpgc.es](mailto:juan.jimenez@ulpgc.es); phone +34 928 398956

Además, en numerosos proyectos de ingeniería civil, en donde ha habido incidencias graves de tipo geotécnico, se ha comprobado que las mejores soluciones constructivas han contado con un modelo geológico adecuado [2] [3] [4], [5], [6]. Y por el contrario, en otros casos, la falta de estudios geológicos adecuados, según la complejidad del terreno, han complicado las soluciones de proyecto y/o han incrementado notablemente los costes de construcción [7] [8] [9].

### 3. DIFICULTADES Y SOLUCIONES EN EL APRENDIZAJE

Sin duda, aparecen dificultades en la realización de las PCG, ya sea de tipo organizativo, pues deben encajarse en los horarios lectivos del centro universitario; o bien de tipo económico, pues en muchos casos es necesario un medio de transporte contratado para desplazarse a los lugares de campo o a las obras. Otras dificultades, quizá mayores, provienen de la falta de formación previa de los estudiantes, pues la Geología, o las Ciencias de la Tierra, están prácticamente ausentes en los planes de estudio de bachillerato actuales. Y también se echan en falta algunas destrezas previas en los estudiantes que son muy convenientes para Geología, como son: la capacidad de observación, la habilidad de dibujar a mano alzada, la visión espacial y la capacidad para leer y entender un mapa. Por todo ello, nos parece que la comprensión de conocimientos geológicos que se adquieren en la Universidad requiere mucha mayor atención, por parte de los alumnos, y una mayor dedicación, por parte del profesorado.

Y con un sentido realista, nos parece que los aspectos que requieren mayor atención son los que dificultan el aprendizaje. Las dificultades pueden ser de dos tipos: las que dependen del profesor y las que dependen de los alumnos. Sin pretender ser exhaustivos, indicamos cuatro soluciones para cada tipo que, a nuestro juicio, son primordiales:

Por parte del profesor, debería de darse:

- Un índice de la práctica, indicando sus partes y objetivos principales.
- Explicaciones breves y conectadas con los conceptos básicos de la asignatura.
- Tareas concretas para que realice cada alumno, o grupo reducido de alumnos.
- Una interacción positiva con los alumnos. Pueden plantearse preguntas o cuestiones concretas que, tras un tiempo de trabajo establecido, puedan responderse entre todos, con la ayuda del profesor. Esta interacción es fundamental y tiene su base en el llamado *aprendizaje cooperativo* [10]. Esta mezcla de roles, favorece que los alumnos con nociones más básicas aprendan de los que han alcanzado un mayor aprendizaje.

Hay una realidad que conviene advertir: “cada persona estructura las ideas y conocimientos en su mente de forma diferente”. Y en muchas ocasiones, a esto se suma la sobreadundancia de información, poco entendida y mal asimilada. Por eso, en las PCG de los primeros cursos deben retomarse los conceptos básicos de Geología e insistir en ellos, desde la nueva perspectiva que ofrece el campo para ver las cosas. Y, al mismo tiempo, cada alumno debe sentirse protagonista de su propio aprendizaje, en libertad para organizar sus ideas y nociones previas. Y sólo tras un proceso personal, el estudiante podrá llegar a entender los conceptos de Geología, con la adecuada profundidad, y adquirir así auténticos conocimientos.

Por parte de los alumnos, debería de activarse:

- La conexión con conceptos previamente explicados en clase, o de cursos anteriores.
- La capacidad de observación del terreno, que facilite la descripción de los materiales y las formas del paisaje. Este punto es importante si se consigue que el alumno enlace la asignatura con el Grado universitario.
- La destreza para dibujar croquis (a mano alzada) y esquemas geológicos de una porción de terreno. Incluso puede proponerse la tarea de dibujar una columna estratigráfica o sección geológica sencilla. Este proceso es aplicable con la adaptación incluida en el inicio de las clases (teóricas y prácticas).
- El empleo de escalas gráficas en los dibujos y mapas. Resulta útil buscar elementos de referencia en el terreno que sirvan para medir distancias y alturas, de manera que los dibujos resulten bien proporcionados. El empleo del jalón topográfico, que indique la escala en dibujos y fotografías, siempre resulta de gran ayuda. Esto permite ejercitar el “sentido de escala”, tan necesario en Ingeniería y Geología.

Las ideas antes expresadas deben tomarse de forma flexible, pues lógicamente cada profesor desarrolla una metodología propia, y esta evoluciona a medida que avanza en experiencia docente. Además, es el profesor el que puede pulsar mejor el “ambiente de los alumnos”, para adaptar dichas ideas a cada situación concreta.

#### 4. MODALIDADES DE PCG Y OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE

En el transcurso de un semestre de clases hay dos modalidades típicas de PCG: 1) prácticas de campo de un día, de las cuales, por nuestra experiencia, conviene hacer dos prácticas por asignatura; y 2) viaje de prácticas, de 2 a 4 días, que viene a constituir una práctica de curso.

Respecto a los objetivos del aprendizaje de cada práctica, es muy conveniente que el profesor se los plantee previamente, de forma realista y con conocimiento de casos reales. Puede servir ponerse en el lugar del alumno y pensar cual serán sus conocimientos de partida. Hemos comprobado que muchas veces las palabras o términos geológicos les son familiares de clase, pero realmente es en el campo, al retomarlos y discutirlos, cuando llegan a entender su auténtico significado.

El planteamiento de la práctica y sus objetivos ha de ser diferente en asignaturas de primeros cursos (1º ó 2º), como pueden ser: Geología o Geología aplicada a las obras públicas; que en cursos avanzados (3º, 4º o de máster), como pueden ser: Ingeniería Geológica o Hidrogeología.

Para los primeros cursos consideramos objetivos básicos del aprendizaje los siguientes:

- (a) Favorecer la comprensión de conceptos geológicos sencillos. Por ejemplo: reconocer y diferenciar entre rocas y suelos, formaciones geológicas del substrato y superficiales; distinguir los límites de los estratos y sus tipos: contactos y discordancias; aprender a describir las características principales de una serie de rocas; reconocer estructuras geológicas de primer orden (pliegues, fallas, cuerpos intrusivos, volcanes, etc.)
- (b) Aprender a observar el terreno y a hacer descripciones personales, por muy sencillas que sean. La finalidad sería que cada alumno pudiera distinguir en una porción de terreno: los distintos materiales geológicos y estructuras geológicas principales (Geología); las formas principales del relieve (Geomorfología) y los procesos geodinámicos activos que sean visibles (barrancos, ríos, arroyos, zonas con desprendimientos, costas con playas, etc.) (Fig.1).



Figura 1. Práctica de campo de Geología con alumnos de Grado en Ingeniería Civil.

- (c) Aprender a dibujar croquis o esquemas geológicos generales, que deben incluir una leyenda y una escala gráfica. Resulta práctico trabajar al menos a dos escalas: en una zona pequeña, a escala de afloramiento (metros a decenas de metros), y en una zona amplia (decenas a centenares de metros).
- (d) Ejercitarse en la redacción de una Memoria de la práctica de campo. Si este ejercicio es individual, como es lógico, el aprendizaje es mayor.

Por otro lado, en los cursos avanzados se pueden plantear otros objetivos en las PCG. No obstante, no hay que olvidar que estos deberían servir, en primer lugar, para retomar y reforzar los conceptos y destrezas de los primeros cursos.

A continuación se indican cuatro objetivos que pueden resultar útiles:

- (a) Elaborar el contexto geológico de una zona de estudio. Consiste en la consulta de mapas geológicos y topográficos, fotos aéreas y recursos digitales (Google Earth, mapas y modelos digitales del terreno, etc.) con un doble objetivo: (1) obtener un mapa geológico de una zona determinada, dentro de una región mayor; y (2) redactar un apartado descriptivo que explique las formaciones y estructuras geológicas presentes en la zona. Esta actividad permite que los estudiantes se familiaricen con la geología de una zona, a partir de su representación cartográfica; y que obtengan un conocimiento básico de la nomenclatura que se emplea en la descripción de los materiales y estructuras geológicas.
- (b) Recorrer un itinerario geológico. Mediante una serie de paradas previamente programadas, se pueden reconocer en el campo las formaciones y estructuras geológicas principales de una zona (variables según la geología local de cada práctica). Este ejercicio es similar al que se realiza para estudiar el posible trazado de una obra lineal.
- (c) Reconocer terrenos problemáticos. En algunas paradas del itinerario geológico se pueden mostrar ejemplos de terrenos que han resultado problemáticos en alguna obra. (Fig. 2).



Figura 2. Práctica de campo orientada a mostrar la influencia de la Geología en una obra de carretera con túneles.

- (d) Análisis de soluciones constructivas. En una parte de la PCG se puede plantear un problema geológico-geotécnico que pudiera estar presente en una parte del trazado. Una vez observado el terreno y analizadas las condiciones del problema, se puede pedir a los estudiantes que propongan alguna solución de tipo constructivo.

## 5. CONCLUSIONES

Al haber transcurrido ya varios años desde la implantación en España del Grado en Ingeniería Civil y el Máster en Ingeniería de Caminos, dentro del EEES, hemos visto conveniente resaltar la importancia de las prácticas de campo de las asignaturas de Geología e Ingeniería Geológica (PCG).

- (1) Entre los aspectos positivos destaca que las PCG refuerzan y permiten asimilar mejor los conceptos teóricos y prácticos que hayan sido explicados previamente, en el aula o en el laboratorio. Además, en la práctica profesional se ha comprobado en numerosas ocasiones que las incidencias graves de tipo geotécnico con frecuencia tienen su origen en la falta de un modelo geológico adecuado. Esto convierte a las PCG en un recurso del aprendizaje necesario también en cursos universitarios avanzados.
- (2) Para vencer las dificultades propias de las PCG se propone, y se considera necesario, que el profesor haga un índice de la práctica a su inicio e indique los objetivos principales de la misma; y que sus explicaciones sean breves. Por otro lado, es conveniente: asignar a los alumnos tareas concretas, que faciliten el trabajo individual o en pequeños grupos; y, en determinados momentos, facilitar la interacción entre los alumnos y el profesor, planteando cuestiones después de las explicaciones. Con carácter general, pensamos que en las prácticas de campo resulta muy útil el empleo de técnicas de *aprendizaje cooperativo* [10], pues favorecen la puesta en común de los conocimientos y la participación de los alumnos.
- (3) Por otro lado, los alumnos para un buen aprovechamiento de las prácticas deberían repasar los conceptos previos de la asignatura y desarrollar su capacidad de observación del terreno. A esto se suma, el desarrollo de destrezas para dibujar o hacer esquemas en el campo; y utilizar escalas gráficas en los croquis que elaboren.
- (4) Para los PCG de primeros cursos (1º y 2º) se proponen cuatro objetivos básicos: (a) favorecer la comprensión de conceptos geológicos sencillos; (b) aprender a observar el terreno y a describirlo; (c) aprender a dibujar croquis o esquemas geológicos; y (d) redactar una memoria de la práctica.
- (5) En los cursos avanzados, se pueden extender los objetivos a la realización de tareas más complejas, como pueden ser: (a) redactar el contexto geológico de una zona; (b) realizar un itinerario geológico por el trazado de una obra civil; (c) reconocimiento de terrenos problemáticos; y (d) hacer propuestas de soluciones constructivas para dichos terrenos. Siempre que sea posible, se realizarán visitas de obra con los técnicos que allí trabajen.
- (6) Por último, como es lógico, las prácticas de campo de Geología pueden tener múltiples variantes en su planteamiento inicial, desarrollo y objetivos. En definitiva, dependerán del modo de hacer de cada profesor y la actitud de los estudiantes. Por ello, con este documento sólo se pretende lanzar una serie de ideas que tal vez ayuden a su buena realización en diversos contextos. Este documento pretende potenciar y poner en valor dichas prácticas dentro de las titulaciones de Ingeniería Civil.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ignacio F. Menendez-Pidal y E. Sanz, “New methodology on applied geology and geology for engineer education by using practical trip”. Research in Engineering of Education Symposium, Madrid, Proc. REES 960 (2011).
- [2] Terzaghi, K., “Effect of minor geologic details on the safety of dams”. American Society of Civil Engineers (1929).
- [3] Zaruba, Q. & Mencl, V., [Engineering Geology, developments in Geotechnical Engineering 10], Elsevier, Amsterdam (1976).
- [4] Hoek, E., and Bray, J. D., [Rock slope engineering]. CRC Press (1981).
- [5] Sáenz Ridruejo, C. y Talabán, J. [Ejercicios de geología aplicada], Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 112 p. (1982).
- [6] Bieniawski, Z.T., [Engineering Rock Mass Classifications], Wiley, New York (1989).

- [7] Arenillas Parra M., “La Geología y los túneles”. Revista de Obras Públicas, 65-72. (1983).
- [8] Pérez de Agreda, E. A., [Riesgos naturales en ingeniería civil]. Universidad Politécnica de Cataluña (1986).
- [9] López Marinas, J.M. y Lomoschitz, A., [Geología aplicada a la ingeniería civil], Ed. El Duende, Madrid (2013).
- [10] Johnson, D. W., Johnson, R. T., and Holubec, E. J., [Cooperative Learning in the Classroom] Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD), Virginia (1994).