

La colección histórica de rocas de la Comisión del Mapa Geológico de España conservada en la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos de Madrid

Eugenio Sanz Pérez⁽¹⁾, José Antonio Pérez Ruy-Díaz⁽¹⁾, Ignacio Menéndez-Pidal de Navascués⁽¹⁾,
Pablo Sanz Ojeda⁽²⁾ y Carlos Pascual-Arribas⁽³⁾

(1) Laboratorio de Geología, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos,
Universidad Politécnica de Madrid.
esanz@caminos.upm.es

(2) Facultad de CC. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.
c/ Real 65, 42002 Soria.
CAPASCUAL-1@telefonica.net

RESUMEN

La colección de 200 rocas preparada por la Comisión del Mapa Geológico de España para la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos de Madrid, sin autor conocido y datada entre 1898 y 1907, constituye una de las colecciones enviadas por dicha Comisión para atender las necesidades concretas de centros oficiales de enseñanza, y en la que se han conservado las 200 fichas explicativas que acompañaban a cada uno de los ejemplares. La colección es de ámbito nacional y ha sido diseñada con una finalidad docente claramente enfocada hacia los alumnos de ingeniería civil. Su principal característica es enseñar la geología histórica de España resumida en una colección de rocas representativas del territorio español clasificadas por periodos geológicos, de tal manera que, conociendo las rocas más frecuentes que aparecen en la columna estratigráfica sintética de España, se pudieran prever las utilidades de las rocas coetáneas como materiales de construcción o como cimiento a las obras. Se emplean las clasificaciones petrológicas y la división de periodos geológicos de la época. En las fichas, que contienen bastantes observaciones sobre el empleo de las rocas en ingeniería civil, se identifican las rocas a nivel de muestra *de visu* y a escala de afloramiento en el campo, dentro del contexto estratigráfico regional.

Palabras clave: colecciones geológicas, rocas, Comisión del Mapa Geológico de España, Historia de la Geología, Ingeniería Civil

Historical rock collection of the Commission for the Geological Map of Spain preserved in the Madrid School of Civil Engineering

ABSTRACT

The collection of 200 rocks prepared by the Commission for the Geological Map of Spain for the Madrid School of Civil Engineering, without known author and dated between 1898 and 1907, is one of the collections sent by the Commission to meet the specific needs of engineering institutes, and in which have survived 200 explanatory index cards accompanying each of the specimens. The collection is national in scope and is designed with a clear teaching purpose focused on civil engineering students. Its main feature is to teach the historical geology of Spain summarized in a collection of representative rocks from the Spanish territory classified by geological periods. So that, by knowing the most common rocks that appear in the synthetic stratigraphic column of Spain, this could provide for uses for coeval type of rocks, such as building materials or as foundations. Petrologic classifications and the division of geological periods are used according to these times. The index cards, where many observations about uses of civil engineering rocks are

made, endeavor to identify rocks as samples with one's own eyes and at scale of outcrop in the field, within the regional stratigraphic context.

Keywords: geological collections, rocks, Commission for the Geological Map of Spain, History of Geology, Civil Engineering

ABRIDGED ENGLISH VERSION

Introduction

As is well known, in 1888 the Commission for the Geological Map of Spain was charged with setting up for didactic purposes, collections of rocks, minerals and fossils destined for official teaching centres. These collections were compiled from the product of the several activities of selection and documentation performed by the Commission. Various collections are now known to have been prepared and sent out to a number of educational institutions (Lozano and Rábano, 2004). One was the collection of 200 rocks destined for the Faculty of Medicine in Madrid which was set up by Cortázar (1889). Another 200 rocks was sent to the Royal College of El Escorial (Anonymous, 1897). Two collections of 200 rocks and 200 minerals were destined for the Artillery Academy in Segovia in about 1898 (Díez Herrero, 1997), and another collection was sent to the El Greco high school in Toledo (Díez Herrero, 2003).

The collection of 200 rocks that was sent by the Commission for the Geological Map of Spain to the School of Civil Engineers of Madrid follows the general pattern followed by this organization, but it is the only one of the historical collections which has kept all the original notes which identified each exemplar. This collection has lost its unity, and the exemplars are disseminated within a much larger collection of 3355 rocks, ordered according to petrological criteria and not according to geological epochs as was the original ordering established by the Commission

Date and origin

Although the date of reception is unknown, it was probably sent to this special school between 1898 and 1907. The author or authors of this collection are unknown, but there is no doubt that it was compiled by an expert belonging to the Commission who knew very well what the pupils at the destination needed, and who mastered the geology of the sites from which the samples were taken. Pedro Palacios was possibly the author.

Some characteristics of the collection

It is a collection of national coverage (not local) and was to be the field of activity of the future engineers from the only School of Civil Engineering extant at that time in our country. The specimens in the collection came from many provinces of Spain, principally from the centre of the Iberian Peninsula, and the rock types are very representative of the geology of Spain.

This collection is accompanied by normalized identification cards, typewritten (unlike the manuscript documents of other collections), and headed with the title of the Commission and its logo. A framed space below this contains a complete characterization of the specimen which is arranged in the following manner: on the obverse side is shown the sequence number, the name (or type of rock), alternative Spanish names, and a translation into French and into German. This is followed by the properties of interest to the engineer, such as specific weight and hardness. Further details are the Composition (mineralogical, on occasion based on the examination of a thin sheet), Age (this is absent for hypogean rocks), Source and Conditions of deposit (such as geological character or presentation enabling identification in the field). The reverse side carries the Observations. These are of great interest, often referring to the use of the rock in civil engineering. They also help in the identification of rocks by inspection in the hand or in outcrops in the field within the context of regional stratigraphy.

Educational value of the collection

It constitutes a collection appropriate for university studies and for a School of Civil Engineering in particular, for the following reasons:

- i. *The collection includes the most important and widespread rocks in respect of age and in the geology of Spain, the arena for the professional work of the future civil engineers.*
- ii. *The cards give criteria aiding the identification of the rock according to the mineralogical and textural character of a sample in the hand, but they also help to identify different rock formations in the field within a regional geology.*
- iii. *It is a collection for studying the historical geology of Spain and its application in engineering, for the rocks are classified according to the geological epochs in the stratigraphy of our country which is presented in the maps drawn up by the Commission, and the cards frequently indicate the applications of the rocks in civil engineering.*
- iv. *We might add that, apart from academic considerations, the collection is an introduction to the professional world of the geologist in which the compilers worked, and it is a serious professional tool.*

Conclusions

In the XIX century geology in Spain was at an international level, and the Commission for the Geological Map of Spain was one of the organizations which contributed decisively to this. The collection may be small, but it was set up with great professionalism for university studies in Civil Engineering

Introducción y objetivos

La enseñanza de la Geología siempre ha estado presente de manera ininterrumpida en los planes de estudio de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos de Madrid desde su fundación en 1802, y la preocupación docente e investigadora de sus profesores, dotaron al Laboratorio de Geología de dicha Escuela de unas importantes colecciones de fósiles, minerales y rocas reunidas a lo largo de dos siglos (Fig. 1). En el ámbito docente de la Geología intervinieron en esta Escuela durante los siglos XIX y XX destacados geólogos, ingenieros de Minas y de Caminos, tales como Rogelio Inchaurrendia y Páez, Joaquín Ezquerro del Bayo, Rafael Amar de la Torre, Juan Manuel de Aránzazu, Lino Peñuelas, Melchor de Palau, Francisco Hernández-Pacheco, Narciso Puig de la Bellacasa y Clemente Sáenz García, entre otros, decisivos para la historia de la Geología e Ingeniería españolas. Se da la circunstancia que tanto Rafael Amar de la Torre como Juan Manuel de Aránzazu fueron geólogos e ingenieros de Minas que trabajaron directamente en la Comisión del Mapa Geológico de España (Rábano, 2015). Como se sabe, un real decreto de 1888 confirió a la Comisión el encargo de formar colecciones didácticas de rocas, minerales y fósiles destinadas a centros de enseñanza oficial. Estas colecciones se alimentaban de los distintos trabajos de recolección y documentación que se realizaron por la Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino primero, y por la Comisión del Mapa Geológico de España a partir de 1850. En la actualidad se conocen varias colecciones preparadas por la Comisión que se enviaron a diferentes centros de enseñanza

(Lozano and Rábano, 2004), como la colección de 200 rocas destinada a la Facultad de Medicina de Madrid, realizada por Cortázar (1889), otra de 200 rocas enviada al real Colegio del Escorial (Anónimo, 1897), dos colecciones de 200 rocas y 200 minerales destinadas a la Academia de Artillería de Segovia hacia 1898 (Díez Herrero, 1997) y otra colección enviada al I.E.S. El Greco de Toledo (Díez Herrero, 2003).

Dentro de los trabajos de investigación de nuestros propios fondos geológicos históricos conservados en esta Escuela, que ha incluido el inventario y catalogación de los mismos, se ha realizado un trabajo de documentación e interpretación histórica de las colecciones de rocas, que con 3355 ejemplares forman parte de las colecciones de rocas, fósiles y minerales del Laboratorio, que cuenta con 7928 ejemplares. La colección de rocas es la más numerosa de las tres, y esto no es de extrañar, ya que está en consonancia con la importancia que tiene para el ingeniero civil el conocimiento de la petrología, ya sea para distinguir las rocas donde se van a construir obras, o para extraer materiales útiles.

Esta colección general de rocas ha sufrido varios cambios en el transcurso del tiempo y, dada la ausencia inicial de un inventariado documentado de detalle, se procedió a una catalogación de la misma. Durante estos trabajos de registro aparecieron ejemplares sueltos procedentes inicialmente de una colección de 200 muestras de rocas procedentes de la Comisión, que se hallaban mezclados entre el resto de los ejemplares que constituyen la colección general de rocas, pero con la fortuna de haber encontrado sus correspondientes fichas explicativas que las acompañaban. Las labores de investigación

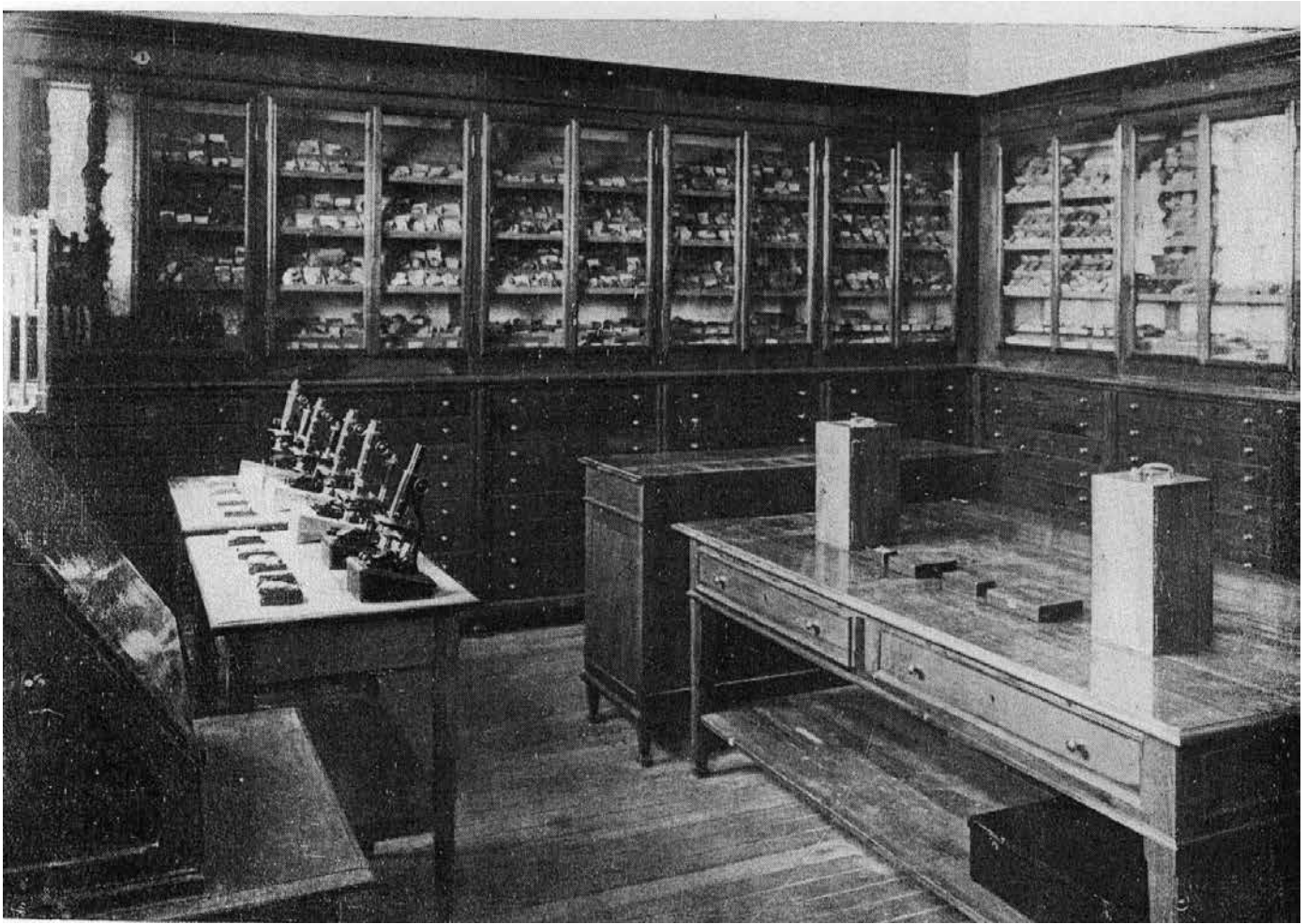


Figura 1. Laboratorio de Geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos de Madrid, y aspecto parcial del mobiliario donde se ubicaban las colecciones geológicas.

Figure 1. Geological laboratory at the School of Civil Engineering of Madrid, with a view of the furniture housing the geological collections.

ha incluido el análisis de antiguos documentos de la época, como han sido las mencionadas 200 fichas y su relación con las publicaciones de la Comisión. La importancia de este fichero es manifiesta, ya que desgraciadamente es de las pocas colecciones que conservan todas sus fichas acompañantes, y dado su carácter inédito se reproduce el texto íntegro de cada una de ellas (ver Material Suplementario).

En concreto, los objetivos principales de este trabajo son los siguientes:

i. Analizar el carácter didáctico de la colección destinada a un centro oficial de enseñanza específico como es la Escuela de Ingenieros de Caminos, remarcando la finalidad de presentar una colección para aprender petrología y, principalmente, la historia geológica de España aplicada a la ingeniería civil.

- ii. Resumir la información de las fichas que acompañan a las muestras, en especial los materiales más frecuentes que aparecen en los diversos sistemas e indicaciones sobre su uso en ingeniería civil.
- iii. Intentar deducir la fecha y autoría de la colección.

Material y métodos: algunas características de la colección

En este trabajo se ha estudiado una colección formada en el marco de la Comisión del Mapa Geológico de España destinada a centros oficiales de enseñanza con un carácter didáctico evidente, tal como se verá.

El estilo general de las muestras de rocas es similar al de aquellas realizadas por distintas instituciones durante los dos últimos siglos (Díez Herrero, 1997;

Alonso Criado *et al.*, 1998) como son las colecciones de la Comisión de Barcelona (Lozano and Rábano, 2001), Zaragoza (Lozano and Rábano, 2004), etc. Es una colección de carácter nacional (no local), campo de actuación profesional de los futuros ingenieros de la única Escuela de Caminos que había en nuestro país. Las muestras proceden de 38 provincias españolas; aunque el 70% coinciden con provincias centrales, hay otras más cercanas a Madrid que no han sido tenidas en cuenta, como por ejemplo Cuenca. Las muestras proceden sobre todo de aquellas provincias donde los ingenieros de la Comisión habían realizado trabajos de cartografía geológica. De ellas, el 50% provienen de solo cinco de ellas: Zaragoza (23,5%), Soria (8,5%), Toledo (6,5%), Navarra (6,5%) y Guadalajara (5,5%). Destacan las recogidas en la provincia de Zaragoza, en su parte correspondiente a la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, sobre todo en la zona del Moncayo, al igual que ocurre con las de la provincia de Soria, que también corresponden a este macizo montañoso y estribaciones. Se podría

decir que en gran parte es una colección de la geología del Moncayo, ya que casi la cuarta parte procede de su entorno, tal como se muestra en la figura 2.

Aunque los ejemplares de la colección procedan en gran parte del centro de la Península Ibérica, los tipos de roca son bastante representativos de la geología de España. Así, las rocas hipogénicas constituyen el 14,5% de la colección, las cristalofílicas el 31%, y las sedimentarias el 54,5 %.

Por otro lado, las rocas están cuidadosamente talladas mediante procesos mecánicos por percusión, con forma rectangular de 6x9x2 cm aproximadamente para que sea más fácil su almacenamiento en cajas de cartón, que tienen unas dimensiones parecidas ya que están muy ajustadas en ellas. (Fig. 3). Algunas muestras de rocas más blandas se han formateado mediante abrasión mecánica.

Presentan un etiquetado adherido y anexo. El etiquetado adherido es de forma hexagonal aplastado de 9x12 mm con reborde color azul oscuro. En el interior blanco guarda el número de orden original de



Figura 2. Procedencia de los ejemplares de la colección de rocas preparada por la Comisión del Mapa Geológico de España enviada a la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos de Madrid.

Figure 2. Origin of the specimens of the collection of rocks prepared by the Commission for the Geological Map of Spain sent to the School of Civil Engineering of Madrid.



Figura 3. Muestra de roca de la colección y etiqueta adherida.
Figure 3. Rock sample from the collection with attached label.



Figura 5. Tipo 1 de etiqueta anexa.
Figure 5. Type 1 of attached label.

la colección y que corresponde con el de las fichas (Fig. 4). Respecto al etiquetado anexo, no se conservan las etiquetas originales con membrete de la Comisión, como ocurre por ejemplo con la colección de rocas de Barcelona (Lozano and Rábano, 2001). Estas debieron ser sustituidas por otras hechas a mano, de las cuales las hay de dos tipos: una escrita

cuidadosamente donde se indica el nombre de la roca, la localidad, y que la muestra procede de una donación de la Comisión; es una cartulina de cartulina blanca de 52x65 mm (Fig. 5). En otras ocasiones es un simple papelito cuadrado escrito en tinta negra sin demasiado cuidado, donde se indica lo mismo que en el caso anterior (Fig. 6). Solo en una ocasión hay también una papeleta anexa con alguna observación de la muestra (Fig. 7).

Como se dijo anteriormente, la colección de rocas estaba compuesta originalmente por 200 ejemplares, de los que se conservan 50 dentro de su caja con etiqueta adherida y separada físicamente. De estos, 46



Figura 4. Detalle del tipo de etiqueta adherida utilizada en la colección de rocas.
Figure 4. Detail of the type of attached label used in the collection of rocks.

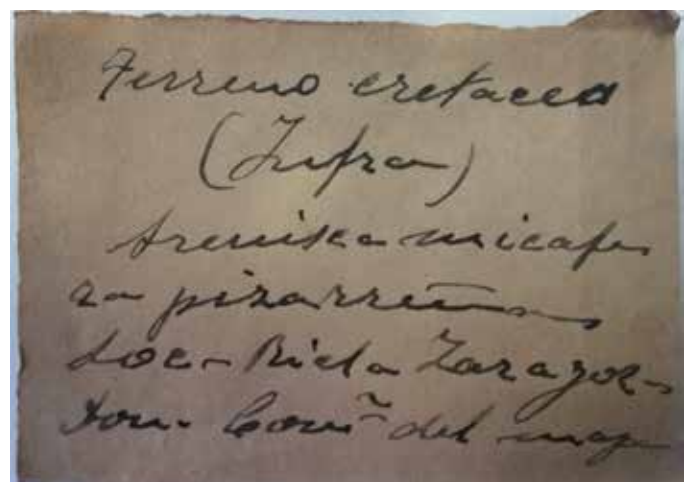


Figura 6. Tipo 2 de etiqueta anexa.
Figure 6. Type 2 of attached label.

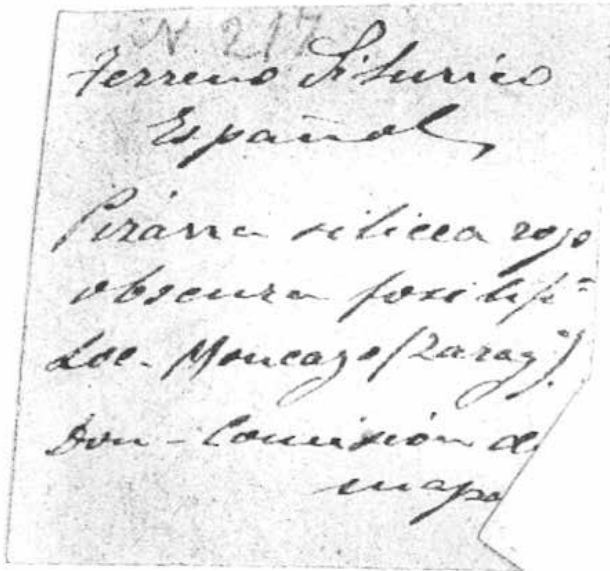


Figura 7. Etiqueta anexa con observaciones a la muestra.
Figure 7. Label with observations attached to a sample.

ejemplares están en la colección general de rocas y 4 se han trasladado a la colección de Paleontología (de 2102 ejemplares), ya que en ellas destacaban los fósiles. Los otros 150 ejemplares están repartidos por la colección general de rocas, en otras cajas distintas a las originales, pero conservando su formato y sus etiquetas adheridas.

A esta colección le acompañan sus fichas normalizadas identificativas de 9x14 cm escritas con máquina de escribir, figurando en la parte de arriba el membrete oficial de la Comisión y su anagrama (Fig. 8). Enmarcado en un recuadro abierto por abajo, se presenta el contenido de cada una de ellas, que se organiza de la siguiente manera: en el anverso figura el número de orden, nomenclatura (o tipo de roca), sus sinonimias en español, y la traducción del término en francés y en alemán, de manera parecida a como se presentaban en los libros de texto de entonces, como el de Vilanova (1860). Siguen dos propiedades que interesan al ingeniero, como es el peso específico y la dureza. A continuación la composición (mineralógica, en ocasiones hecha en base a su examen en lámina delgada), edad (en las rocas hipogeas, este apartado no se rellena), procedencia y condiciones de yacimiento (como por ejemplo carácter geológico o la manera de presentarse, de tal manera que se pudieran identificar en el campo). En el reverso se presentan las observaciones (Fig. 8), que son muy interesantes y se analizan en los apartados siguientes.

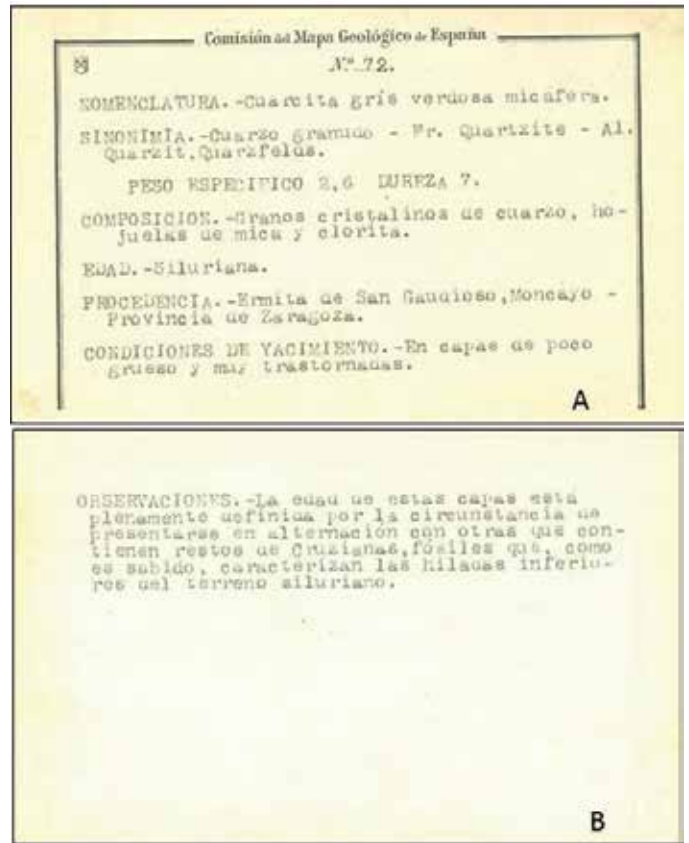


Figura 8. Fichas explicativas (A, anverso y B, reverso) que acompañan a cada uno de los ejemplares de la colección de rocas.
Figure 8. Identification cards (A, front and B, reverse side) accompanying each specimen of the collection of rocks.

Discusión

Fecha de la colección

Como se ha comentado anteriormente, la Comisión preparó este tipo de colecciones desde 1888 con destino a centros de enseñanza oficial. Parece ser que a partir de 1910 ya no se enviaron más colecciones, dos años después del cese como presidente de la Comisión de Daniel Cortázar, que lo fue entre 1902 y 1908 (Puche, 2004). Ahora bien, no conocemos la fecha exacta de su realización ya que, por un lado, no se conservan los registros de salida en el IGME para este tipo de encargos (González Laguna *et al*, 2007), y por otro porque tampoco hemos encontrado el registro de entrada en la Secretaría de la Escuela de Ingenieros de Caminos. La colección es desde luego anterior al curso 1907-8, que es cuando empezó a publicarse el Anuario de la Escuela de Ingenieros de Caminos, y donde se hubiese reflejado con toda seguridad la llegada de la misma. Era costumbre de

detallar en dicho anuario cuestiones incluso menores, como la adquisición de muestras de canteras, por ejemplo.

Se puede, sin embargo, acotar todavía más el periodo de tiempo de la formación de la colección por otra serie de indicios:

- i. La colección es posterior a 1890, cuando se publicó la *Descripción física y geológica de la provincia de Segovia* (Cortázar, 1890) y a la cual hace referencia las observaciones de la ficha nº 163.
- ii. La colección es posterior también al año 1891 ya que en el apartado de "observaciones" de una de las fichas (nº 43, correspondiente a una caliza cristalina), se indica que este tipo de roca fue utilizado como mármol de ornamentación en el Banco de España, "que había sido construido recientemente en Madrid", es decir en 1891.
- iii. Podría pensarse que es también posterior a la publicación de las memorias de la Comisión correspondientes a las provincias de donde proceden las muestras. Las memorias más recientes de las muestras de la colección corresponden a Vizcaya (1892), Logroño (1894) y norte de Navarra (1896).
- iv. Además, y en esta colección, las fichas están hechas con máquina de escribir, a diferencia de otras colecciones de la Comisión, por lo que hay que deducir que es seguramente más moderna. El tipo de letra parece "Courier". Estas máquinas de escribir, como la de marca "Underwood" por ejemplo, comenzaron a fabricarlas en 1896, pero es de imaginar que su uso tardaría todavía unos años en generalizarse.

Así pues, y considerando todas estas cuestiones, pensamos que la constitución de nuestra colección la podríamos fechar posiblemente entre 1898 y 1907.

Autoría de la colección

Esta colección ha sido hecha con las muestras e información recogidas durante la realización de los mapas geológicos, escribiéndose las observaciones a partir de lo que redactaron los autores de esa cartografía. Comparando el texto de las observaciones de las fichas con lo que se dicen en las memorias de los mapas geológicos de estas provincias, se puede apreciar como en muchos casos es muy parecido. A modo de ejemplo, y en referencia a la memoria geológica de la provincia de Soria, Pedro Palacios (1890) indica en su página 152: "Junto al lindero de la dehesa de Tablado con el término de Pumer, en el sitio denominado Valdemuertos, las cuarcitas y areniscas mencionadas contienen restos de conchas de *Lingula*

Feistmantelli, Barr. muy abundantes en algunas capas, dentro de las cuales se les encuentra orientados en zonas paralelas á los planos de estratificación". En la ficha número 77 se puede leer en el apartado de observaciones: "Las cuarcitas de Valdemuertos son notables por encontrarse en ellas con bastante abundancia restos de *Lingulas*, correspondientes a la especie *L. Feistmantelli*. Suelen ser estos restos tan abundantes en algunas capas que, orientados todos en la misma dirección dan a la roca una textura tabular y hasta pizarreña." Como se puede apreciar, el texto es casi idéntico.

Igual ocurre con la información sobre las rocas de las provincias de Huesca y Navarra proporcionadas por Mallada (1878, 1882), aunque en lo que se refiere a las de la de Zaragoza no siempre aparecen de esta manera en la obra de Donayre (1873), ni en su tabla de relación de rocas, aunque varias localidades sí coinciden.

Tal como se ha dicho anteriormente, hay colecciones de la Comisión de las que se conoce su autor porque se han encontrado los documentos de entrada al organismo oficial, tal como ocurre con la colección de 200 rocas enviada a la Facultad de Medicina de Madrid, preparada por Daniel de Cortázar en 1889 (Cortázar, 1889), o la de la Universidad de Zaragoza, realizada por Gonzalo y Tarín (Lozano and Rábano, 2004). De la enviada al Real Colegio del Escorial se desconoce su autoría (Anónimo, 1897). En lo que respecta a esta colección de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos tampoco se sabe su autor, aunque fue realizada sin duda por un experto perteneciente al equipo de la Comisión, que conocía bien las necesidades formativas de los alumnos a la que iba destinada, y probablemente conocía también muy bien la geología donde fueron recogidas las muestras. Aunque sea solo una conjetura, el ingeniero de Minas Pedro Palacios podría ser el posible autor, dado que estuvo ligado a la Comisión entre 1884 y 1901, trabajó en algunas de las provincias con mayor número de muestras (Palacios, 1890, 1892, 1897, 1898) y se hallaba especialmente ligado al mundo universitario (en 1910 fue nombrado director de la Escuela de Minas). Por otra parte, el estilo literario de las fichas es muy parecido a su forma de escribir. Posteriormente a la fecha de la colección, siguió estudiando la zona de procedencia preferente de las muestras (Palacios, 1917, 1919a, 1919b).

El etiquetado

Las etiquetas adheridas son muy similares, si no iguales, al tipo 2 descrito por Lozano and Rábano

(2001) para la colección de rocas de la Comisión procedentes de los trabajos de Felipe Bauzá en 1861 para el *Bosquejo geológico de las provincias de Barcelona y Tarragona*, obra que quedó inédita (ver Rábano and Lozano, 2001; Rábano, 2015), y que se conservan en el Museo Geominero. Por otra parte, las fichas de la colección de la Escuela de Caminos son muy parecidas a las llamadas "etiquetas de la colección didáctica de rocas de Zaragoza" formada seguramente por Donayre entre 1888 y 1898, y que se describen en Lozano and Rábano (2004). En aquella colección la información está escrita a máquina y en la colección de Zaragoza, la información se escribió a mano sobre una plantilla de imprenta, pero los estadillos a rellenar son los mismos.

Carácter didáctico de la colección

Esta colección ha sido diseñada con una serie de características que describimos seguidamente y que la hacen muy completa a nivel de enseñanza en una escuela de ingenieros de Caminos:

La descripción de las muestras que se refleja en las fichas revela un esfuerzo por explicar los criterios para identificar la roca a nivel de muestra en base a sus caracteres mineralógicos y texturales. Pero también se acompaña de otros caracteres geológicos, como los fósiles característicos si se puede, tal como ocurre con no pocos ejemplares. En la descripción de la roca se explica el contexto estratigráfico y de geología regional donde aparece, interesa también que el alumno aprenda a identificar en el campo los distintos tipos de roquedos y no confundirlos con otros parecidos en base a características propias a nivel de afloramiento (color, modo de presentarse alterada en el campo, nombres locales que recibe, paisaje asociado al roquedo, forma de yacimiento, etc). El sentido de la colección da así un salto cualitativo y de escala, pasando del plano de muestra de gabinete al de geología de campo. Podríamos decir además que, trascendiendo las cuestiones más o menos académicas, se adentra en el mundo profesional del geólogo, que es el trabajo propio de los que han hecho esta colección. Es decir, es también un intento serio de hacer una colección profesional.

La clasificación adoptada es científica y básicamente genética, utilizada en la época en la que se hizo la colección y emplea términos propios de entonces, que aparecen por ejemplo en el libro de texto de Vilanova (1860). La clasificación que utiliza Puig de la Bellacasa más tarde (Puig de la Bellacasa, 1921) en la Escuela de Caminos es bastante parecida, aunque con ciertas sesgos hacia su aplicación a la ingeniería.

Las rocas metamórficas, tales como las pizarras cristalinas por ejemplo, se integran dentro de las estratocristalinas, porque aunque no sea una clasificación científica, tienen un comportamiento similar en aplicaciones de ingeniería.

Las rocas hipogénicas, y dentro de éstas las intrusivas (granitoideas, porfídicas, volcánicas) y *efusivas* (Volcánicas), comprenden 29 ejemplares (14,5%) y entre ellas destacan los granitos (5%). En la familia de los granitos están representados el granito común (con grano grueso, medio, fino), el gnéisico y el porfídico. Entre las rocas con anfíbol se encuentran la sienita y la granatita; con piroxeno se tienen la eclogita y la ofita; con olivino, la serpentina. En cuanto a las porfídicas, se tienen los pórfidos con pasta feldespático-silíceo (representada por la eurita) y los pórfidos con pasta ferromagnesiana (meláfido, oligoforio y argiloforio). Las rocas volcánicas escasean mucho, como es normal dentro de la Península, y vienen representadas por la traquita, la espilita y la piedra-pómez. La fecha de la colección está de acuerdo con la presencia de sólo dos muestras de Canarias, ya que hasta 1908 no se estudia el vulcanismo de Canarias-Lanzarote y otras islas Canarias, cuyo autor fue precisamente Francisco Hernández-Pacheco, profesor de esta Escuela. Así que posiblemente en la Comisión no tendrían mucho material para hacer estas colecciones.

Las rocas estratocristalinas o cristalofílicas ascienden a 62 ejemplares (31%), y entre ellas predominan las pizarras de varios tipos (14,4%) y las calizas cristalinas y mármoles (5%). Entre las rocas cristalofílicas o pizarras cristalinas están representados los gneis, micacitas, cuarcitas, talquistos o talcocitas, las anfíbolitas, las filitas y las calizas cristalinas o mármoles.

Las rocas sedimentarias (silíceas, arcillosas, cálcicas) comprenden 109 ejemplares (54.5%), y en ellas destacan las calizas (22.5%) y las areniscas (areniscas, molasas, arcosas, maciños y grauvasas) (9.5%). Entre estas rocas sedimentarias, las silíceas agregadas están representadas por el sílex o pedernal y el jaspe. Entre las aglomeradas se encuentran las areniscas, cuarcitas, arcosas, maciños, molasas, conglomerados (brechas, pudingas, gonfolitas) y grauvasas. Entre las rocas arcillosas aparecen muestras de caolín, margas, argilitas, esquistos (filadíos y pizarras). Entre las rocas cálcicas consistentes aparecen calizas fosilíferas, calizas marmóreas, mármoles, tobas y conglomerados calizos. Hay también dolomías y magnesitas, anhidrita y algez.

La principal característica no es tanto la enseñanza de la petrología en sí, si no el conocer la geología histórica de España resumida en una colección de rocas que acompañaría a los mapas de la Comisión.

Efectivamente, esta colección constituye un muestrario de materiales geológicos ordenados cronológicamente representativos del conocimiento de la geología de España que se tenía en esa época, de tal manera que recoge las rocas más frecuentes que aparecen en nuestro país en los distintos periodos geológicos, aunque el origen de las muestras se concentre en ciertas provincias. Los tipos de rocas y sus porcentajes están de acuerdo con la presencia de este tipo de litologías en España. Igual ocurre con la distribución relativa por periodos geológicos. Se trata por tanto de una colección equilibrada respecto a la abundancia de los distintos roquedos en nuestro país y a sus periodos geológicos. Así pues, la colección es una descripción geológica de las formaciones de nuestro país en base al conocimiento que se tenía entonces de la geología de España y que estaba publicada en las Memorias y Boletines de la Comisión del Mapa Geológico de España y de la *Explicación del Mapa Geológico* de Lucas Mallada (1895-1911). La existencia en el laboratorio de Geología de la Escuela de Ingenieros de Caminos de los mapas geológicos a escala 1/400000 de la Comisión indica que esta colección acompañaría a dichos mapas.

Las divisiones de los tiempos geológicos es claro reflejo de cuando se hizo la misma, diferenciándose en: Estrato-cristalino, Cambriano, Siluriano, Devoniano, Carbonífero, Triásico, Jurásico, Infracretáceo (especificándose si es del Weald), Cretáceo, Eoceno, Oligoceno, Mioceno, Diluvial y Actual. Las rocas cuya edad no se indica son las rocas hipogénicas, ígneas o eruptivas. Esta era la división más utilizada por la Comisión a finales del siglo XIX, algo distinta a la empleada por Puig en su libro de texto de 1920, por ejemplo.

Aparte de interesarse por la identificación de las rocas, esta colección atiende a las necesidades específicas del centro. La colección tiene una finalidad pedagógica claramente aplicada a la ingeniería dentro del territorio español, en particular en la ingeniería civil. Prueba de ello es el hecho de suponer que, conociendo las rocas que aparecen en la columna sintética de España y examinando el tipo de roca y edad del terreno en que se ha de proyectar, se pudieran prever las utilidades de las rocas coetáneas como materiales de construcción y para la industria, o como cimiento a las obras.

No es casualidad que en sesenta y nueve de las fichas se hagan observaciones sobre la utilidad de las rocas y cuáles son las formaciones canterables y su uso local, ya sea como sillería, de ornamentación y mármoles, solados, áridos para carreteras, etc. También se hace advertencia de no utilizar ciertas rocas debido a la experiencia negativa que se ha tenido

con ellas cuando se han probado, explicando en ciertos casos el por qué ha sucedido esto (alterabilidad, etc.). No se dejan, sin embargo, otros aspectos que siempre interesa conocer por cultura general, como es la relación de las fuentes termales y mineromedicinales con formaciones geológicas específicas. Y sobre todo con la minería, en una época en la que ésta tenía mucha más importancia que ahora. Es por eso que también se hace referencia en casi 20 fichas sobre las rocas en la que arman los filones de minas importantes, como por ejemplo las de Almadén.

Resumen de los materiales más frecuentes en los diversos sistemas e indicaciones sobre su uso en ingeniería civil

Este es el título que lleva uno de los apartados del libro de texto de Puig de 1920 y que utilizaron varias generaciones de estudiantes universitarios hasta 1936. Con este título se refleja una de las finalidades de esta colección, la aplicación a la ingeniería civil.

Cuando en este libro se habla de los terrenos hipogénicos primarios (paleozoicos) más frecuentes en España (granito, sienita, serpentinita, pórfidos cuarcíferos, porfiditas, dioritas, pegmatitas, granito anfíbolífero, sienita, diques, diabasa y pórfidos granatíferos), casi todos ellos están presentes en la colección. En las observaciones de las fichas a veces se da cuerpo de doctrina: "El granito es un excelente material que se emplea para obras de sillería y construcciones monumentales, prefiriéndose entre sus distintas variedades las que son de grano fino y no contienen exceso de feldespato" (Ficha nº 1). Otras veces se matizan estas aseveraciones, como ocurre con la ficha nº 4 en referencia al granito de grano fino de Puente de Alcántara (provincia de Toledo): "Se usa esta roca en las construcciones de Toledo en la mampostería que llaman colgada y no tiene aplicación como piedra de sillería a causa de su gran tenacidad que hace muy difícil y costosa la labra". En otra ocasión, se dice sobre el Pórfido anfíbolífero de Lozoya, provincia de Madrid (Ficha nº 13): "Esta roca es una de las que figuran como accidentales en la formación granítica de la cordillera del Guadarrama y, a pesar de su nombre, no es aplicable para las artes decorativas por sumar su mal color y mediano pulimento".

Están también representados parte de los terrenos hipogénicos de rocas postprimarias: ofitas, traquitas, basaltos, andesitas, dacitas... En la ficha nº 27 en referencia a una traquita blanca del Monte Aspe (provincia de Vizcaya), se hace observar "que se la explota en varias canteras con destino a la construcción,

empleándose también en gran escala para las escaleras y obras de la ría de Bilbao”.

Cuando se refiere al Estrato cristalino en España, Puig de la Bellacasa (1921) habla de granitos y otras rocas hipogénicas, los diques de pórfidos y diabasas. Pero se habla dentro de él de tres pisos, donde en el inferior abundan los gneis graníticos, el medio formado por gneis micáceo y micacitas, y el superior por filitas, talcocitas y anfibolitas. Tenemos también las calizas cristalinas y mármoles, como el mármol blanco-agrisado de Montesclaros (provincia de Toledo), del cual se dice: “Corresponden las calizas de Montesclaros a distintas variedades, según el grano de la piedra y el metamorfismo más o menos acentuado; y así es que a unas capas se destinan a obtener piedra de cal que resulta de excelente calidad y otras pueden dedicarse a la estatuaria como los adornos del monumento del Padre Mariana, en Talavera, y las esculturas de la Fuente de Cibeles en Madrid que se han hecho con la caliza de Montesclaros” (Ficha nº 44).

En el “Cambriano” español dominan los esquistos, filadidos, pizarras, las grauvacas, cuarcitas y calizas. De la pizarra arcillosa rojiza de las canteras de Grove, en Mondoñedo (Lugo), se indica: “Esta roca es un material de construcción muy apreciado que se presta bien a la labra, por cuya razón se la explota y ha explotado en cantidades considerables” (Ficha nº 61).

En el “Siluriano inferior” (actual Ordovícico) español predominan los bancos de cuarcita, con intercalaciones de areniscas y pizarras, algunos filadidos, bastante pizarra ampelítica y menos grauvacas, como la fraileasca de Almadén. En la ficha nº 66 se advierte en referencia a la pudinga verdosa de Molino de Codos, provincia de Zaragoza: “Esta roca presenta en dicha localidad algunas variaciones, determinadas por el distinto tamaño de los cantos cuarzosos, pasando desde un conglomerado de gruesos elementos hasta una grauvaca de grano fino. Hace algún tiempo, se trató de utilizarla para el adoquinado de las calles de la capital y aún para las construcciones, pero su gran dureza y la dificultad con que se presta a la labra hacen difícil y costosa su aplicación”. Sobre la pizarra negra tegular de la cantera de Fuente del Espino, en Prádena (Guadalajara), se observa: “Procede esta roca de las capas que se explotan desde hace tiempo en el término de Prádena para cortar baldosas que se labran en la misma localidad y de cuyo material se ha venido repitiendo a la Corte por espacio de muchos años cantidades considerables” (Ficha nº90). Y de la ampelita del término de El Muyo (Segovia): “Esta roca, cuando es de textura homogénea como sucede en el presente ejemplar, puede cortarse con facilidad en prismas delgados y aún no hace muchos años que

con ella se fabricaban lápices para carpinteros y dibujantes, industria que ha desaparecido por la baratura con que hoy se venden los de grafito. En una de las caras del ejemplar se ven claramente varios restos de graptolites” (Ficha nº 91). De la caliza negra marmórea de Urda (Toledo): “Desde tiempo inmemorial se explota esta roca como mármol bastante apreciado pues las capas son uniformes y el grano de la roca suficientemente igual. Limita no obstante su empleo el color, no muy oscuro y las manchas blanquecinas que suelen presentarse lo cual es defecto si se trata de hacer losas funerarias. Sin embargo en las iglesias y otros edificios suntuosos de la comarca se ven muy empleados los mármoles de Urda” (Ficha nº 92).

Del “Devoniano” están representadas en esta colección las principales rocas, tales como calizas, pizarras arcillosas y areniscas. Igual ocurre con el Carbonífero español, donde las rocas principales son pizarras, areniscas, conglomerados, grauvacas, calizas y pudingas.

Del Triásico español abundan las pudingas, areniscas, margas arcillas, calizas y dolomías y yesos. De la arenisca silíceo gris rojiza de Puerto de Velate (Navarra), se dice por ejemplo: “La variedad de arenisca roja que representa el ejemplar es la dominante en el Trías del Pirineo navarro. Constituye un excelente material de construcción, sobre todo para las obras de cantería, y se le emplea, cuando es posible, de preferencia a otros, trayéndolo a veces de larga distancia. Casi todos los edificios de la ciudad de Elizondo y muchos importantes de los valles de Baztán Bertizarana están contruidos con esta roca” (Ficha nº 118).

En el Jurásico español dominan las calizas, margas, calizas oolíticas, marmóreas, arcillosas y litográficas. De la caliza gris marmórea de Anchuela, provincia de Guadalajara, se comenta: “La caliza de Anchuela es una de las que se han empleado con bastante buen éxito en piedras para litografía. Por su grado uniforme y su composición, el material es indudablemente útil, más los pelos o quiebras naturales que presenta contrarían su aplicación, sobre todo en grandes piedras” (Ficha nº 134). De la caliza blanca sacaroidea del Monte Iraperri, Almandoz, provincia de Navarra: “Los mármoles de Almandoz eran ya conocidos antiguamente y aún no hace muchos años se explotaban y labraban en una pequeña fábrica que se conserva todavía en la localidad, habiendo sido empleados en cantidad considerable en las obras de ornamentación de la catedral de Pamplona” (Ficha nº 135).

En el “Cretáceo” español dominan las calizas, margas, areniscas, y secundariamente arcillas,

pizarras, yesos y dolomías. De la caliza negra silícea del "Infracretaceo" de La Cuesta de Golmayo, provincia de Soria, se dice: "Son frecuentes las calizas de esta variedad en el Wealdense de la provincia y en ellas suelen encontrarse algunos moldes de gasterópodos pequeños de agua dulce principalmente Valvatas y Lymneas. Se usan para obtener cal y dan excelentes resultados en la conservación del afirmado de las carreteras" (Ficha nº 150). De la caliza rojiza de Villar de Sobrepeña, provincia de Segovia, se observa: "Las canteras del Villar, a las que corresponde esta roca, son célebres en toda la comarca y efectivamente lo merecen pues dan grande sillares de una piedra homogénea de buen color, excelente labra y que resiste perfectamente a las influencias atmosféricas, según puede comprobarse en los antiguos edificios de Sepúlveda. La roca es un agregado de detritus fósiles" (Ficha nº 161).

Dentro del Terciario, en el Eoceno español abundan las calizas, calizas numulíticas, calizas de alveolinas, margas, maciños, areniscas y conglomerados. De la caliza silícea gris del Monte de San Cristóbal, Pamplona, provincia de Navarra, se dice: "Esta roca evidentemente de origen detrítico establece el tránsito entre las calizas y los verdaderos maziños. Es un buen material de construcción y con ella están hechas las murallas de Pamplona, explotándose también en la actualidad, tanto para el adoquinado, como para las edificaciones de la misma ciudad" (Ficha nº 167). Del maziño gris rojizo de las canteras de Fontecha, provincia de Álava: "Es esta roca un buen material de construcción que se explota y labra en la misma localidad de su yacimiento, exportándose después en grandes cantidades para las edificaciones de la ciudad de Vitoria" (Ficha nº 171).

Del Oligoceno español se encuentran representadas las rocas más abundantes: conglomerados, maciños, molasas, arcillas, margas, calizas y yesos. Y del Mioceno las calizas, arcillas, yesos, conglomerados, areniscas y margas. De la arcilla plástica rojiza de Fuentes de Ebro, provincia de Zaragoza, se dice: "Se explota esta roca en bastante escala y se la emplea no sólo en las alfarerías, sino también para formar un fondo impermeable en algunas secciones del Canal Imperial" (Ficha nº 173). De la Caliza blanca amarillenta fosilífera de Fuendetodos, provincia de Zaragoza, se dice: "Como el ejemplo anterior, esta roca parece formada también por la aglomeración de restos fósiles de origen marino, correspondientes principalmente a los géneros *Cerithium*, *Nerinaea* y *Venus*. Es buen material de construcción que se ha venido explotando en varias canteras. Con ella están construidos el zócalo del templo del Pilar de

Zaragoza, gran parte del puente llamado de Piedra y otras varias obras de la misma localidad" (Ficha nº 178). De la magnesita de Cabañas de la Sagra, provincia de Toledo: "Las variedades más puras y finas, entre las que puede colocarse el presente ejemplar, se emplean para la fabricación de pipas de fumar, habiéndose extraído de la citada localidad cantidades considerables que se han exportado al extranjero con ese objeto". Del alabastro yesoso de Cogolludo provincia, de Guadalajara: "Las canteras de Cogolludo y Aleas son las que proporcionan el alabastro que se emplea en baldosines, alternado con pizarras para los solados de lujo en las construcciones de Madrid" (Ficha nº 189). Del pedernal gris fajeado de Valmadrid, provincia de Zaragoza: "Aun cuando esta roca es accidental en el terreno terciario, se presenta sin embargo en muchas localidades en las formaciones de agua dulce de España. En Valmadrid se le ha explotado en otro tiempo para preparar con ella las piedras de chispa destinadas a las armas de fuego y aún en la actualidad se cortan allí mismo piedras con las que se guarnecen los trillos" (Ficha nº 192).

Conclusiones

La colección de 200 rocas enviada por la Comisión del Mapa Geológico de España a la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos de Madrid es una de las pocas colecciones históricas de las que se conservan todas las fichas que acompañaban a cada uno de los ejemplares. La colección ha perdido su unidad y sus ejemplares se encuentran actualmente diseminados y formando parte de otra colección más numerosa constituida por 3355 rocas, ordenadas según criterios petrológicos y no según periodos geológicos como era originalmente la de la Comisión.

Aunque no se sabe la fecha de recepción, es muy probable que se enviara a esta Escuela Especial entre 1898 y 1907. Se desconoce el autor o autores de esta colección, pero sin duda fue realizada por un experto perteneciente al equipo de la Comisión, que conocía bien las necesidades formativas de los alumnos a los que iba destinado, y que dominaba la geología donde fueron recogidas las muestras. Pedro Palacios podría ser su posible autor.

Constituye una colección muy apropiada para la enseñanza universitaria y para una Escuela de Ingeniería Civil en particular, por los siguientes motivos:

- i. En la colección aparecen las rocas más importantes y frecuentes en cuanto a tipo y edad de la geología de España, campo de actuación profesional de los futuros ingenieros de Caminos.

- ii. En las fichas se explican los criterios de identificación de la roca según los caracteres mineralógicos y texturales a nivel de muestra de mano, pero también se orienta en ayudar a reconocer en campo los diferentes tipos de roquedos dentro del contexto estratigráfico regional.
- iii. Es una colección para aprender geología histórica de España y su aplicación en ingeniería, ya que las rocas se ordenan según los periodos geológicos de la columna estratigráfica resumida de nuestro país y plasmada en los mapas de la Comisión de entonces, señalándose en bastantes casos las aplicaciones más interesantes de dichas rocas en ingeniería civil. Se trataba de conocer el tipo de roca y su edad. Los fósiles solo sirven en cuanto son útiles para conocer la edad de los materiales. La lógica que se aplica es que, conociendo las rocas que aparecen en los diferentes sistemas geológicos representados en España, se pudieran prever de manera orientativa las utilidades de las rocas coetáneas como materiales de construcción y para la industria, o como cemento a las obras.

Agradecimientos

Se quiere agradecer desde aquí a las empresas ACCIONA, ACSA-SORIGUE, FCC, SACYR, SOGEOA y VÍAS Y CONSTRUCCIONES, con cuya ayuda económica ha sido posible llevar a cabo diversas obras de remodelación del mobiliario de las colecciones geológicas de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid. Y especialmente a la Fundación Juan Miguel Villar Mir por su ayuda en la adecuación y puesta en valor del museo del Laboratorio de Geología. El trabajo realizado por el cuarto firmante corresponde a las actividades de prácticas externas curriculares desarrolladas por los alumnos. Finalmente, queremos mostrar nuestro agradecimiento a Isabel Rábano y Rafael Lozano, del Museo Geominero del Instituto Geológico y Minero de España, por el tiempo y esfuerzo dedicados a la revisión del manuscrito, cuyas observaciones han servido para mejorarlo.

Material suplementario

Las 200 fichas de rocas de la Comisión del mapa geológico de España se ofrecen como material suplementario en la página web del *Boletín Geológico y Minero* (<http://www.igme.es/boletin/>) junto al fichero pdf de este trabajo.

Referencias

- Alonso Criado, R., Díez Herrero, A., Maza Bermejo, J.M. y Vegas Salamanca, J. 1998. *Colección de rocas, minerales y fósiles del Instituto de segunda enseñanza de Segovia. Estudios de historia de las técnicas, la arqueología industrial y las ciencias*. Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura, Volumen I, 409-414.
- Anónimo, 1897. *Catálogo de una colección de rocas formada en la Comisión del Mapa Geológico con destino al Real Colegio del Escorial*. Inédito, 9 pp.
- Cortázar, D. de, 1889. Catálogo de una colección de rocas entregada a la Facultad de Medicina de Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 16, 401-491.
- Cortázar, D. de, 1890. Descripción física y geológica de la provincia de Segovia. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 17, 1-234.
- Díez Herrero, A. 1997. La colección de minerales, rocas y fósiles de la Academia de Artillería de Segovia. *Boletín Geológico y Minero*, 108 (2), 99-106.
- Díez Herrero, A. 2003. Breve informe sobre la visita realizada a la colección de minerales y rocas del I.E.S. El Greco (Toledo). *Alminar*, 7, 55-62.
- Donayre, F.M. 1873. Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1, 128 pp.
- González Laguna, R., Lozano, R.P., Menéndez, S. y Abad, A. 2007. La colección de rocas de la provincia de Huesca conservada en el Museo Geominero (IGME, Madrid): catalogación e interpretación histórica. *Boletín Geológico y Minero*, 118 (1), 127-140.
- Lozano, R.P. y Rábano, I. 2001. Las colecciones históricas de rocas de Barcelona del Museo Geominero (IGME, Madrid): catalogación e interpretación histórica. *Boletín Geológico y Minero*, 112 (2), 133-146.
- Lozano, R.P. y Rábano, I. 2004. Revisión y catalogación de las colecciones históricas de rocas de Zaragoza del Museo Geominero (IGME, Madrid). *Boletín Geológico y Minero*, 115 (1), 85-102.
- Mallada, L. 1878. Descripción física y geológica de la provincia de Huesca. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 6, 439 pp.
- Mallada, L. 1882. Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 9, 1-64.
- Mallada, L. 1895-1911. Explicación del mapa geológico de España. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 19 (vol. 1, 1895: Rocas hipogénicas y sistema Estrato-Cristalino), 1-558; 20 (vol. 2, 1896: Sistemas Cambriano y Siluriano), 1-515; 21 (vol. 3, 1898: Sistemas Devoniano y Carbonífero), 1-405; 22 (vol. 4, 1902: Sistemas Permiano, Triásico, Liásico y Jurásico), 1-514; 23 (vol. 5, 1904: Sistemas Infracretáceo y Cretáceo), 1-519; 24 (vol. 6, 1907: Sistemas Eoceno, Oligoceno y Mioceno), 1-686; 25 (vol. 7, 1911: Sistemas Plioceno, Diluvial y Aluvial), 1-543.
- Palacios, P. 1890. Descripción física, geológica y

- agrológica de la provincia de Soria. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 16, 558 pp.
- Palacios, P. 1892. Reseña geológica de la región meridional de la provincia de Zaragoza. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 19, 4-112.
- Palacios, P. 1897. Ofitas de la provincia de Navarra. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 22, 173-247.
- Palacios, P. 1898. Observaciones acerca del terreno estrato-cristalino de la provincia de Navarra. *Boletín de la Comisión del Mapa geológico de España*, 23, 139-143.
- Palacios, P. 1917. Nota acerca de la constitución estratigráfica del Moncayo. *Boletín del Instituto Geológico de España*, 38, 13 p.
- Palacios, P. 1919a. Los terrenos mesozoicos de Navarra. *Boletín del Instituto Geológico de España*, 20, 157 pp.
- Palacios, P. 1919b. La Formación Cambriana en el Pirineo Navarro. *Boletín del Instituto Geológico de España*, 20, 12 pp.
- Puche Riart, O. 2004. Daniel Francisco de Paula Cortázar y Larrubia (Madrid, 1844-Madrid, 1927). *Llull*, 27, 131-145.
- Puig de la Bellacasa y Sánchez, N. 1921. *Nociones de Geología y Geografía Física aplicadas a la ingeniería*. Imprenta de Ramona Velasco, Madrid, 745 pp.
- Rábano, I. 2015. *Los Cimientos de la Geología. La Comisión del Mapa Geológico de España (1849-1910)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 329 pp.
- Vilanova y Piera, J. 1860. *Manual de geología aplicada a la agricultura y a las artes industriales*. Volumen 1. Imprenta Nacional, Madrid, 384 pp.

Recibido: mayo 2016
Revisado: junio 2016
Aceptado: junio 2016
Publicado: marzo 2017