

Lucien Cayeux (1864-1944): un ilustre precursor en la enseñanza de la Petrología Sedimentaria

Lucien Cayeux (1864-1944): an illustrious forefather for teaching on Sedimentary Petrology

Patxi García Garmilla y Arantza Aranburu Artano

Departamento de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco. patxi.garmilla@ehu.es, arantza.aranburu@ehu.es

ABSTRACT

Lucien Cayeux (1864-1944) was a crucial scientific figure in France during a particularly hard time in Europe owing to the two World Wars and the social and economic crisis. His ideas about the relevance of sediments and sedimentary rocks with regard to both scientific and economic aspects led to him to recover that the study of ancient sediments would be as much important as that of igneous and metamorphic rocks, which have been the geology stars by that time. His technical contributions were shaped into three great marvelously-illustrated monographies devoted to both siliceous, carbonate and ferruginous rocks. In addition, his main pedagogical output was the valuable atlas for petrographic studies of sedimentary rocks, which has been the essential reference for all the further didactic texts and atlas on Sedimentary Petrology.

Key words: Lucien Cayeux, Sedimentary Petrology, teaching, pedagogy.

Geogaceta, 45 (2008), 111-114
ISSN: 0213683X

Introducción

El objetivo de este trabajo es revisar algunos aspectos biográficos del gran petrógrafo francés Lucien Cayeux, así como analizar las ideas científicas y docentes que virtió en sus escritos, concretamente a través de los prefacios de cinco de sus obras más representativas: «*Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires*» (1897), «*Les minerais de fer oolithique de France*» (1909, 1922), «*Les roches sédimentaires de France: Roches Siliceuses*» (1929), «*Introduction à L'Étude Péetrographique des Roches Sédimentaires*» (1931) y «*Les roches sédimentaires de France: Roches Carbonatées (Calcaires et Dolomies)*» (1935). Una exhaustiva revisión de su producción científica puede encontrarse en el trabajo de Leriche (1947). También, y como conclusión, remarcaremos la trascendencia de sus aportaciones y cómo sus ideas, a pesar del tiempo transcurrido, siguen siendo vigentes hoy día, pudiendo aplicarse con coherencia a la enseñanza de la Petrología Sedimentaria en nuestras universidades.

Lucien Cayeux: su vida

Nacido el 16 de marzo de 1864 en Semousies, localidad situada en la región francesa del Nord-Pas-de-Calais, provenía

de una familia de agricultores. Estudió en la escuela normal de Douai y completó su licenciatura en ciencias en la Universidad de Lille. Sus compañeros de carrera fueron testigos de excepción de su gran afición por la recogida de fósiles. Fue Jules Gosselet (1832-1916), geólogo entusiasta de la cuenca hullera del norte de Francia, aunque también profesor de matemáticas y farmacéutico frustrado, quien le convenció para realizar el doctorado en la Escuela de Minas de París. Defendió su Tesis Doctoral en Lille en 1896, la cual sería publicada un año más tarde con el título «*Contribución al estudio micrográfico de los terrenos sedimentarios: I. Estudio de algunos depósitos silíceos secundarios y terciarios de la Cuenca de París y de Bélgica. II. La Creta de la Cuenca de París*» (Cayeux, 1897). En 1902 fue nombrado director de los proyectos geológicos de la Escuela de Minas parisina y profesor de geología aplicada a la agricultura en el Instituto Nacional Agrónomo. De esta época es su estudio sobre la creta («Chalk») del Cretácico superior de la zona del Canal de La Mancha. En 1907 obtiene la cátedra de Geología en la Escuela de Minas, sucediendo a Marcel Bertrand, y comienza a interesarse por el estudio de los minerales de hierro existentes en suelo galo. En 1912, es nombrado profesor honorario de Geología del «*Collège de France*», y en 1920 «*Chevalier de la Légion d'honneur*». El 23 de Enero de 1928 ingresa en la Academia de

las Ciencias como sucesor de Emile Haug. Seis años después, se le distingue con el grado de «*Officier de la Légion d'honneur*». Fallece en Mauves-sur-Loire el 1 de noviembre de 1944 (Sabouraud, 2008).

Lucien Cayeux: su obra

«Desde mis inicios en la Geología, advertí el ínfimo lugar que se reserva a las rocas sedimentarias en los programas de nuestras Facultades y Escuelas Superiores, a pesar del papel tan importante que juegan en la constitución de la corteza terrestre. A este respecto, las cosas no han cambiado mucho, y, después de un cuarto de siglo, la casi totalidad de los petrógrafos se centran en el estudio de los materiales derivados del fuego central. ¿Significa esto que la historia de los sedimentos antiguos no merece la pena porque su interés no es tan prioritario? La verdad es que su estudio ha revelado una riqueza inagotable en aspectos tan variados que nos permiten acceder a los secretos de su origen y sus modificaciones. La verdad es que las cuestiones que suscitan no van a la zaga, ni en amplitud ni en diversidad, de aquellas que hoy día monopolizan el quehacer de los maestros de la Petrografía. Así que me parece legítimo reivindicar para las rocas sedimentarias un lugar menos limitado que el que actualmente ocupan en la enseñanza de la Geología» (Cayeux, 1916; publicado en 1931).

Con estas palabras, nuestro gran petrógrafo francés iniciaba en 1916 la implantación de una nueva filosofía en la investigación y la didáctica de la petrografía sedimentaria. En efecto, su monumental atlas titulado «*Introduction à l'Étude Péetrographique des Roches Sédimentaires*» («Introducción al estudio petrográfico de las rocas sedimentarias») (Cayeux, 1931) puede considerarse como la primera obra enteramente didáctica consagrada al estudio mineralógico y textural de dichas rocas.

El estudio micrográfico (1897)

La primera gran monografía que publicó Lucien Cayeux fue su trabajo de Tesis Doctoral, al cual nos hemos referido anteriormente. La «*Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires*» combina el estudio de las rocas silíceas de la Cuenca de París con el de la creta del Cretácico superior. En su introducción, Cayeux desvela los objetivos que polarizarían toda su carrera como docente e investigador: «*Mientras que la ciencia de las rocas cristalinas se ha convertido, en un cuarto de siglo, en una de las más cultivadas y mejor conocidas de la Historia natural, el estudio de las rocas sedimentarias ha quedado, por decirlo así, como una especie de apéndice de la Litología. Luego de que las recientes exploraciones submarinas nos han llevado a conocer la composición, el modo de distribución y el origen de los sedimentos actuales, la penuria de nuestros conocimientos sobre las formaciones sedimentarias antiguas aparece en toda su evidencia. Este hecho me ha inspirado la necesidad de estudiar sistemáticamente los depósitos estratificados abordando el estudio micrográfico de algunos terrenos, principalmente las capas cretácicas y terciarias del norte de Francia y de Bélgica*». Y prosigue: «*uno de nuestros mejores geólogos ha dicho recientemente que la tectónica corona el edificio de las ciencias geológicas, y que es el objetivo último hacia el que deben tender nuestros trabajos. Pero el conocimiento de un terreno siempre quedará incompleto si no nos esforzamos en el objetivo más amplio de conocer el estado de un sedimento antes de que los fenómenos tectónicos y químicos le afecten*».

Este texto constituye toda una declaración de principios, a los que Cayeux permanecerá fiel a lo largo de su dilatada carrera profesional. La memoria, editada en Lille, se complementa con diez preciosas láminas de dibujos y fotografías, dentro de un estilo editorial sólido y coherente, que constituirá una norma inviolable en sus posteriores monografías.

Los minerales de hierro (1909, 1922)

«*Les minerais de fer oolithique de France*» («Los minerales de hierro oolítico de Francia») es una magna monografía dividida en dos volúmenes. El primero, dedicado a los minerales de origen primario, vio la luz en 1909; y el segundo, que trata sobre los secundarios, en 1922; ambos separados así por el doloroso paréntesis de la Primera Guerra Mundial. Su autor nos indica que, antes de publicar el primer volumen, ya habían transcurrido 15 años de intenso estudio de la creta y las rocas silíceas, y que uno de los fenómenos que más suscitaron su interés por los depósitos ferruginosos fue el hecho frecuente de la alteración de glauconita a limonita. En la introducción a su tratado, Cayeux nos dice: «*como he constatado que este mineral (la glauconita) es una fuente de óxidos de hierro, he querido examinar los minerales de hierro que aparecen en forma de granos, con el fin de descubrir su relación con la glauconita; a la vez que intentar explicar por qué los oolitos ferruginosos en Francia son exclusivamente infracretácicos y desaparecen coincidiendo con la aparición de la glauconita; como si todo el hierro, fijado por los oolitos en épocas del Primario y del Jurásico, estuviera reservado para la glauconita a partir del Cretácico*».

Ya en 1898, el trabajo estaba muy adelantado. La Comisión del Premio Vaillant de ciencias incluyó en los «*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*» (Tomo CXXVII, p.1098-1100) los principales resultados: «*M. Cayeux ha presentado a la Comisión una memoria manuscrita sobre los minerales de hierro que componen las capas subordinadas a los macizos antiguos de Armórica y Las Ardenas*». Cayeux también nos advierte sobre los problemas que plantean los oolitos ferruginosos en relación con su origen: «*con sólo ojear esta memoria, el lector podrá convencerse de que la historia de los minerales de hierro es indiscutiblemente de una complejidad extrema que da lugar a dificultades de todo tipo. Mi única ambición ha sido la de resolver algunas de ellas, y mostrar una vez más que las rocas sedimentarias guardan en su seno una masa inagotable de datos, frente a los cuales hago todos mis votos para su próxima valoración*».

El primer volumen incluye cinco mapas geológicos (dos de Cayeux y tres de Bigot), una lámina con cortes geológicos hechos por Couffon y 15 láminas con microfacies. El segundo contiene diversas columnas estratigráficas y un mapa con los yacimientos ferruginosos de La Lorena, además de 34 láminas con microfacies. Se trata, sin duda, de una obra de referencia en relación

con un tema que no se aborda, ni siquiera en los textos actuales, con la misma profundidad con que se estudian los oolitos carbonatados.

Las rocas silíceas (1929)

«*Les roches sédimentaires de France: Roches Siliceuses*» («Las rocas sedimentarias de Francia. Rocas silíceas») fue publicado por la Imprenta Nacional de París en 1929. En esta obra, Cayeux estudia tanto las rocas silíceas de precipitación química (cherts), como las siliciclásticas (areniscas con trama de terrígenos). La ha escrito a partir de las lecciones que ha impartido en el «*Collège de France*» entre 1922 y 1926. Desde el puesto que ahora ocupa, reconoce que dispone de una completa libertad para escoger los temas de investigación: «*desde mi cátedra, disfruto del privilegio de poder hacer de las rocas sedimentarias el único objeto de mi docencia e investigación. También debo al Servicio del Mapa Geológico de Francia algo invaluable en el momento actual: el poder publicar mis resultados en sus Memorias*». En la introducción a esta obra, nuestro profesor insiste en la necesidad de llevar a cabo un estudio sistemático de las rocas sedimentarias, revisando la composición, el origen y la terminología más adecuada a emplear. Cuestiona las nomenclaturas petrológicas al uso en su época, tachándolas de imprecisas y desechándolas para su cometido docente. Así, dice que los jóvenes investigadores podrán definir y conocer mejor las rocas sedimentarias, haciéndoles conscientes de la infinidad de recursos existentes en ellas: «*no es necesario salir de nuestras fronteras para encontrarnos con estos temas; sólo en la Cuenca de París, después un siglo de trabajo sin tregua, persisten aún multitud de problemas cuyo interés sobrepasa con mucho el ámbito de la petrografía*».

Cayeux avanza en su prefacio con frases como éstas: «*En 1897 hice votos para que mis primeras investigaciones hicieran nacer en Francia el deseo de penetrar en el secreto de las rocas sedimentarias, pero mi llamamiento sólo ha tenido eco hasta hace bien poco. En efecto, veo con profunda satisfacción que hoy día existe un movimiento muy marcado a su favor. Espero que mis descripciones de las rocas sedimentarias francesas tengan entre los investigadores la misma acogida que la introducción que ha precedido a su estudio y que contribuyan a guiar sus primeros pasos. A decir verdad, mi ambición es grande. Creo que ha llegado la hora en que todo geólogo debe saber qué son exactamente esas vulgares rocas que tiene bajo los pies, denominarlas correctamente y, aún más, conocer su verda-*

dero significado desde el punto de vista de la historia de la Tierra. Si reflexionamos sobre la tarea del geólogo actual, parecen paradójicas de algún modo. Analizar y clasificar los terrenos, descifrar sus estructuras -sin saber exactamente de qué están hechos-, ¿no es todo un desafío en el buen sentido?. Sin su estudio, nos privaríamos de una preciosa fuente de información para conocer los mares antiguos y, afinando un poco más, la geología general».

El volumen contiene 30 láminas con preciosas microfotografías de cuarzarenitas con cemento de cuarzo sintaxial sobre los granos detríticos (Fig.1), cuarcitas, arcosas, cherts espiculares («gaizes cherteuses»), radiolaritas, liditas y cuarcitas negras («phtanites»). A pesar de los años transcurridos y de la cierta dispersión que inevitablemente se produce al tratar rocas de muy diversos orígenes, esta monografía tiene un valor documental extraordinario, reconocido en muchos textos posteriores (Krumbein y Pettijohn, 1938; Williams *et al.*, 1954; Carozzi, 1960; Milner, 1962; Pettijohn, 1975 y Pettijohn *et al.*, 1987).

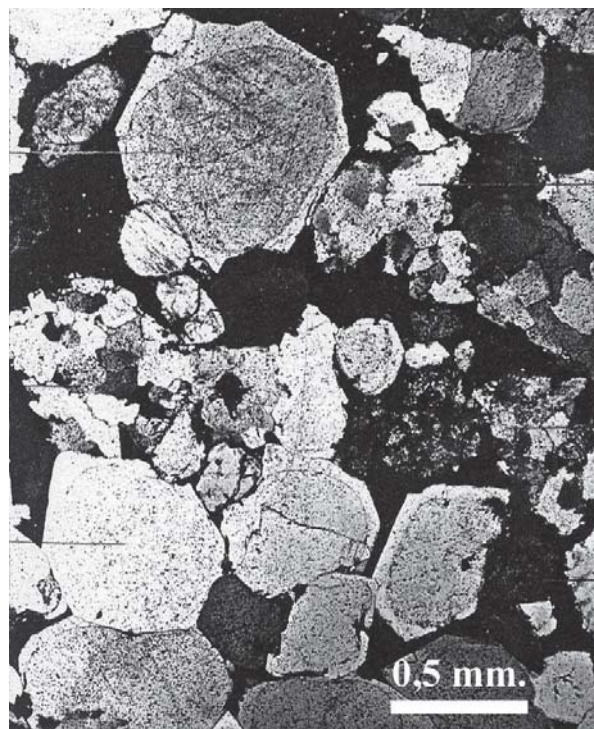
El atlas (1931)

La obra de mayor peso didáctico de Lucien Cayeux es, sin duda, su «*Introduction à L'Étude Pétrographique des Roches Sédimentaires*» («Introducción al estudio petrográfico de las rocas sedimentarias»), publicada en 1931. El prólogo de este atlas está fechado en París el 1 de julio de 1916, pero la obra no vería la luz hasta 1931, debido a la Primera Guerra Mundial. De este modo, Cayeux escribe: «*puede que este trabajo, que aparece en la hora más trágica de nuestra historia, venga de nuevo a atestiguar que la ciencia francesa, más allá de nuestras fronteras, hoy como ayer, permanece al servicio de la verdad*». E insiste otra vez en la falta de textos adecuados para el aprendizaje de la petrografía sedimentaria, a diferencia de lo que ocurría con otros tipos de rocas, donde los tratados como la «*Minéralogie micrographique*» de Fouqué y Michel-Lévy (1879), la «*Mikroskopische physiographie*» de Rosenbusch (1885, 1887) y los «*Minéraux des roches*» de Michel-Lévy y Lacroix (1888) habían cubierto ya una parte importante del conocimiento.

La obra fue editada en dos volúmenes. En el primero («Texte») recoge el corpus teórico de las clases que impartió en el «*Collège de France*» entre 1912 y 1914. Habla extensamente de los análisis físicos y químicos de las rocas, así como del análisis del color y sus cambios con las reacciones químicas, y concluye con una exhaustiva

Fig. 1.- Cuarzarenita («Grès cristallisé») (Raon-l'Étape, Vosgos) (Lámina IV, Fig.14) (Cayeux, 1929).

Fig. 1.- Quartz arenite («Grès cristallisé») (Raon-l'Étape, Vosges) (Plate IV, Fig.14) (Cayeux, 1929).



sistemática de los minerales y fósiles presentes en las rocas sedimentarias. El segundo volumen («Atlas») es quizás el libro más hermoso de cuantos tratados históricos se han escrito sobre petrografía sedimentaria. Profusamente ilustrado, expone a lo largo de sus 56 láminas un vasto corpus gráfico de dibujos y fotografías sin precedentes hasta entonces. Algunas ilustraciones de fósiles fueron cedidas, entre otros, por prestigiosos científicos de la expedición Challenger, la Universidad de La Sorbona o la «*Royal Society*» de Londres. Fósiles, minerales, cristales... todos los elementos constituyentes del mundo sedimentario se dan cita aquí en lo que supone un esfuerzo docente y didáctico que no podía esperarse sino de un hombre plenamente entregado a su pasión docente e investigadora.

Las rocas carbonatadas (1935)

«*Les roches sédimentaires de France: Roches Carbonatées (Calcaires et Dolomies)*» («Las rocas sedimentarias de Francia. Rocas carbonatadas (Calizas y Dolomías)») es una de las últimas monografías de Cayeux, publicada por Masson et C^{ie} Éditeurs en París en 1935. Es evidente que su autor hace acopio aquí de toda la experiencia docente y sistemática acumulada en anteriores publicaciones, con lo que un estudio tan complejo como el de los sedimentos carbonatados llega precisamente coincidiendo con el momento de máxima madurez. En su prefacio, bastante más escueto que los de las anteriores monografías, el insigne petrógrafo galo ad-

vierte que esta monografía no ha sido concebida como un tratado en el sentido estricto de la palabra, sino que: «*me he inspirado en la necesidad de resaltar, en la medida en que he podido, ciertas cuestiones largo tiempo sujetas a controversia. He concedido a muchos tipos de roca un desarrollo que no se ajusta al papel que realmente juegan en la naturaleza. Este es el caso de las cretas nodulosas, las brechas, las oolitas y las cretas magnesianas, cuya descripción puede parecer hipertrófica a todo espíritu no prevenido*». A estas alturas de su carrera, sus contactos e influencias son innumerables, y, para elaborar esta memoria, se rodea de un potente grupo de colaboradores que han trabajado por todo el planeta. A los ilustres colegas que le ayudaron en anteriores monografías, como Bigot, Lacroix o Lamare, hay que añadir ahora unos cuantos del Museo Británico, como Garwood y Wayland Vaughan. También cuenta con valiosos apoyos institucionales, como el de la Fundación Singer-Polignac, creada en 1928, que financia, con su Presidenta de Honor al frente, «*Madame la Princesse Edmond de Polignac*», prácticamente todos los costes de impresión de esta última monografía.

La obra se divide en dos volúmenes: el primero está dedicado a las calizas, y el segundo, a las dolomías. En el primero, comienza hablando de los sedimentos carbonatados actuales y subactuales, para pasar a las calizas con su amplia variedad de contenido fósil. Continúa con el estudio de las estructuras tanto primarias como secundarias habituales en este tipo de rocas:

cristalinas, criptocristalinas, granuladas, litográficas, rudíticas, nodulosas, oolíticas, «grumelosas», «cône-in-cône», estilíticas, etc., y concluye el primer volumen con un estudio sobre las calizas de agua dulce (lacustres), que tanto apreció el petrólogo austríaco Erik Flügel (1934-2004) (Flügel, 1982; Freiwald, 2004). El segundo volumen está consagrado a la dolomitización. Describe las calizas magnesianas y dolomíticas de la Cuenca de París, comenta sus estructuras más frecuentes y aborda los procesos genéticos en dolomías actuales y antiguas. Un total de 26 láminas con 101 figuras ilustran generosamente este brillante trabajo.

Añadamos que esta monografía, junto con la dedicada a las rocas silíceas (1929), ha sido la de mayor impacto en tratados posteriores. En efecto, muchos han sido los expertos en rocas carbonatadas que se han referido a ella sin escatimar elogios (Krumbein y Pettijohn, 1938; Williams *et al.*, 1954; Milner, 1962; Milliman, 1974; Pettijohn, 1975; Wilson, 1975; Flügel, 1982 y Carozzi, 1989).

Conclusión

Hemos repasado brevemente la vida y obra de Lucien Cayeux. Esperamos que estas rápidas pinceladas ayuden a comprender mejor el relevante papel que el insigne científico galo desempeñó en el estudio de las rocas sedimentarias no sólo como investigador, sino como decidido y enérgico docente, sin duda muy venerado y apreciado por sus discípulos. Cayeux reivindicó la importancia de la petrografía sedimentaria en un momento en que la mineralogía y el estudio de las rocas endógenas polarizaba casi al cien por cien el quehacer de los geólogos. Las opiniones vertidas en los prólogos de sus monumentales monografías son un buen *Leitmotiv* para comprender mejor su filosofía respecto del mundo sedimentario. Escribe a veces con ironía, otras con rabia contenida, siempre con un vivo sentido crítico y nunca careciendo de objetividad y argumentos bien fundamentados. Puede afirmarse que su reivindicación docente sigue, incluso a día de hoy, sin haber tomado una forma definitiva; no pasemos por alto que, en España, la Petrología Sedimentaria se imparte en la mayoría de los centros universitarios como una materia integrada en la Petrología general, junto con la Petrología

Ígnea y la Metamórfica, y casi nunca llega a ocupar una tercera parte del total del programa. Sólo en casos muy concretos se ha ofertado como una disciplina individual con carácter propio (Barcelona, País Vasco, Granada). Queda aquí planteada la discusión sobre en qué medida los nuevos planes de estudios que se avencinan dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) respetarán esta disciplina básica del conocimiento en Geología; o, por el contrario, tenderán a constantes reducciones de créditos en materias troncales, con el consiguiente deterioro de la formación básica de nuestros alumnos, algo que ya se ha comprobado sobradamente tras la puesta en funcionamiento de los actuales planes de estudios pre-Bolonia. Al tiempo, pero no olvidemos la historia; quizás ella pueda arrojar algo de luz racional en este mundo en que vivimos, obsesionado sólo por lo económicamente productivo, y por difundir un concepto de «calidad» que no contempla la más mínima voluntad de incrementar los presupuestos de docencia e investigación, a todas luces insuficientes hoy día en nuestras universidades.

Agradecimientos

Al Dr. D. José Miguel Molina Cámara (Universidad de Jaén) le agradecemos sus aportaciones tras la revisión y corrección del manuscrito inicial.

Referencias

- Carozzi, A.V. (1960). *Microscopic Sedimentary Petrography*. John Wiley and Sons, 485 p.
- Carozzi, A.V. (1989). *Carbonate Rocks Depositional Models. A Microfacies Approach*. Prentice Hall Inc., 604 p.
- Cayeux, L. (1897). *Contribution a l'étude micrographique des terrains sédimentaires: I. Étude de quelques dépôts siliceux secondaires et tertiaires du Bassin de Paris et de la Belgique. II. Craie du Bassin de Paris*. Le Bigot Frères. Lille, 589 p. + 10 láms.
- Cayeux, L. (1909, 1922). *Études des Gîtes Minéraux de la France. Les minerais de fer oolithique de France: I. Minerais de fer primaires. II. Minerais de fer secondaires*. Imprimerie Nationale, Paris, 2 vols. (344 p. + 19 láms. y 1051 p. + 35

- láms.)
- Cayeux, L. (1929). *Les roches sédimentaires de France: Roches Siliceuses*. Imprimerie Nationale, Paris, 774 p. + 30 láms.
- Cayeux, L. (1931). *Introduction a L'Etude Petrographique des Roches Sédimentaires*. Imprimerie Nationale, Paris, 2 vols., 524 p. + 56 láms.
- Cayeux, L. (1935). *Les roches sédimentaires de France: Roches Carbonatées (Calcaires et Dolomies)*. Masson et Cie Éditeurs, Paris, 2 vols., 463 p. + 26 láms.
- Flügel, E. (1982). *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer Verlag, 633 p.
- Fouqué, F. y Michel-Lévy, A. (1879). *Minéralogie micrographique. Roches eruptives francaises* Imprimerie Nationale, 2 vols., 509 p. + 55 láms.
- Freiwald, A. (2004). *Facies*, 50, 149-159.
- Krumbein, W.C y Pettijohn, F.J. (1938). *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Crofts, 549 p.
- Leriche, M. (1947). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 17, 349-377.
- Michel-Lévy, A. y Lacroix, A. (1888). *Minéraux des roches. 1) Application des méthodes minéralogiques et chimiques à leur étude microscopique. 2) Données physiques et optiques*. Librairie Polytechnique Baudry et Cie Éditeurs, 334 p.
- Milliman, J.D. (1974). *Marine Carbonates*. Springer Verlag, 375 p.
- Milner, H.B. (1962). *Sedimentary Petrography*. The Macmillan Company, 643 + 715 p.
- Pettijohn, F.J. (1975). *Sedimentary Rocks*. Harper and Row, 628 p.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. y Siever, R. (1987). *Sand and Sandstone*. Springer Verlag, 553 p.
- Rosenbusch, H. (1885, 1887). *Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Gesteine. Band 1: Die petrographisch wichtigen Mineralien; Band 2: Massige Gesteine*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2 vols. (664 p. + 26 láms. y 877 p. + 6 láms.)
- Sabouraud, C. (2008). *Guide de la Géologie en France*. Belin Sciences, 815 p.
- Williams, H., Turner, F.J. y Gilbert, C.M. (1954). *Petrography. An Introduction to the Study of Rocks in thin sections*. W.H. Freeman and Co., 406 p.
- Wilson, J.L. (1975). *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, 471 p.