

INTRODUCCIÓN

1. CONCEPTOS GENERALES

Se establece la definición, objetivo, campo de estudio, método y partes de la Petrología y de la Petrología Sedimentaria. Las denominaciones Petrología Exógena y Petrología Sedimentaria se consideran sinónimas, si bien la segunda es más clásica y más utilizada.

Petrología

La petrología es la parte de la geología que tiene por objeto el estudio de las rocas desde todos los puntos de vista. Los primeros trabajos geológicos trataban las rocas como medio, los fines eran estratigráficos y de geología histórica. Posteriormente, cuando el estudio de las rocas es considerado un fin en sí mismo, comienza a desarrollarse la petrología.

Por *definición* la petrología es el estudio de las rocas, por tanto, es preciso empezar por definir que son las rocas y cómo es dicho estudio:

- Las *rocas* son “agregados naturales de minerales, abundantes en la corteza terrestre” (en la actualidad se amplía a la litosfera). En esta definición cabe destacar: su origen natural resultado de la actividad geológica –lo que les confiere cierto carácter heterogéneo–, su abundancia a escala de la litosfera, y su independencia con el grado de consolidación o coherencia de los materiales. Como agregado de minerales es de resaltar el reducido número de minerales que las forman (minerales petrográficos), y la importancia que tiene su disposición en el espacio (textura).
- El *estudio* propuesto es “amplio”, es decir desde todos los puntos de vista, y “completo”, abarcando a todos los tipos de rocas y a todos sus aspectos (descriptivos, genéticos y aplicados).

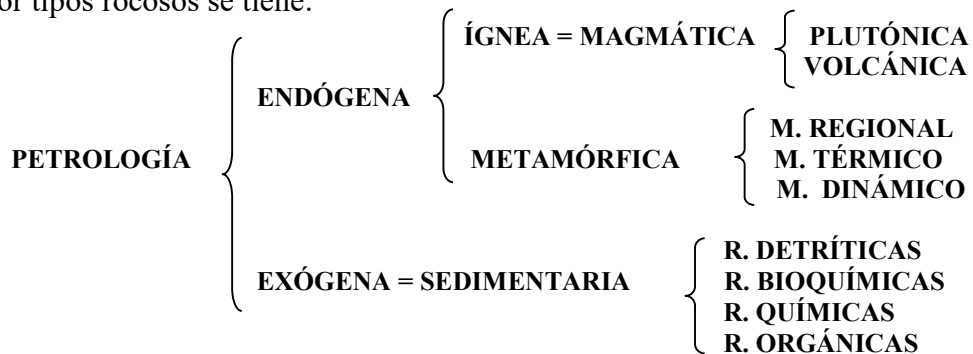
Sus *objetivos* son responder a las siguientes preguntas: ¿Qué son las rocas? ¿Cómo son? ¿Por qué son así? ¿Cómo, cuándo, dónde se han generado? ¿Cómo evolucionan? ¿Cuál es su interés, su utilidad, su valor económico?

Su *campo de estudio* es sumamente grande y sus límites se amplían cada vez más, incluyendo: todos los materiales de la litosfera –a los que se van sumando los del interior de la tierra y los de otros planetas–, todos los procesos petrogenéticos que han tenido lugar en la tierra desde su formación hace alrededor de 4500 Ma, todas las escalas –desde planetaria a ultramicroscópica–, y todos sus aspectos aplicados.

En cuanto a la *metodología* la petrología puede contemplarse como la aplicación de conocimientos teóricos y de técnicas analíticas a un objeto de estudio: las rocas.

Su *división* se establece fundamentalmente en relación con dos criterios: tipos rocosos (división genética de rocas) y objetivos de estudio (división metodológica).

- Por tipos rocosos se tiene:



- Por objetivos de estudio se distingue:

- **Petrografía:** atiende a los aspectos descriptivos de las rocas (composición, textura, etc.), contempla las rocas como materiales geológicos; se puede situar en un primer nivel de estudio donde predomina la observación.
- **Petrogénesis:** estudia el origen y evolución de las rocas (procesos generadores, factores que han determinado dicha evolución...); se sitúa en un segundo nivel de interpretación, en este caso en relación con la génesis.
- **Petrología Aplicada:** estudia el comportamiento de las rocas como materiales geológicos en aplicaciones específicas; también se sitúa en el segundo nivel de interpretación, ahora de sus propiedades (resistencia, durabilidad...).

Además de sus rasgos específicos, todas las petrologías tienen una base conceptual (objetivos) y metodológica (técnicas de estudio) común, y entre ellas y el resto de las ciencias debe de existir un flujo continuo y un trasvase de conocimientos sumamente enriquecedor.

Petrología sedimentaria

La petrología sedimentaria se define igualmente como la parte de la petrología que tiene como objeto el estudio de las rocas sedimentarias desde todos los puntos de vista. Se trata de una materia que pronto se individualiza de la petrología endógena, ligándose a otras ciencias exógenas como la estratigrafía. Posteriormente experimentan gran desarrollo los aspectos genéticos, en particular los ambientes de formación de las rocas, dando lugar a una nueva rama denominada sedimentología.

Como en el caso anterior, es preciso empezar por establecer que se entiende por roca sedimentaria y cómo es el estudio realizado.

- Las *rocas sedimentarias* son “agregados naturales de minerales, abundantes en la corteza terrestre, generados por procesos externos”. Cabe destacar igualmente en esta definición: que se trata de materiales naturales, en este caso generados por procesos externos, en condiciones de baja presión y temperatura; abundantes en la corteza, sobre todo en su parte superior; y que incluye diferentes materiales, sin importar su grado de consolidación. Comparadas con las rocas ígneas, las sedimentarias presentan un número más restringido de minerales petrográficos (cuarzo, feldespatos, micas, arcillas, calcita...) y probablemente mayor variedad de tipos texturales.

- El *estudio* propuesto es igualmente amplio y completo, atendiendo a todos sus aspectos: procesos generadores (meteorización, transporte, sedimentación, diagénesis), materiales resultantes (sedimentos, rocas, alteritas) y sus aplicaciones (desde las más científicas a las económicas), presentando especial interés las relaciones entre ellos.

La definición clásica de Pettijohn (1975) es similar: «La petrología sedimentaria es la rama de la petrología que trata de los depósitos sedimentarios y de sus equivalentes antiguos, las rocas sedimentarias», y define sedimento como: «material sólido acumulado en la superficie de la tierra, en condiciones de baja presión y temperatura, por la acción de un fluido», ligándole a un ambiente de formación. La definición de Blatt (1982) es más metodológica: «La petrología sedimentaria es la aplicación de otros campos de la ciencia a un objeto particular las rocas sedimentarias», de la misma forma que la geología lo es a la tierra.

En consecuencia, la petrología sedimentaria utiliza conocimientos y técnicas que desde cualquier otra rama de la ciencia (geología, física, química, biología) afecten o puedan aplicarse a las rocas sedimentarias, y a su vez ha desarrollado técnicas de trabajo y conceptos teóricos propios –consecuencia de las características específicas de las rocas sedimentarias– que pueden ser aprovechados por otras ciencias.

Elementos de estudio de las rocas sedimentarias:

Dentro de cada tipo rocoso –genérico o específico– un estudio petrológico más o menos completo debe incluir los siguientes aspectos:

- Relaciones de campo: características del yacimiento, forma de presentarse (geometría, estratificación, estructuras...).
- Petrografía: composición, textura, espacios vacíos, clasificación...
- Propiedades: composición química, propiedades físicas, alterabilidad...
- Génesis: procedencia (área fuente, roca madre...), hipergénesis (meteorización...), sedimentogénesis (transporte, sedimentación...), diagénesis (ambiente, proceso...).
- Aplicaciones: comportamiento en ingeniería, industria, minería, energía...

2. RELACIÓN CON OTRAS CIENCIAS

En la actualidad la Petrología Sedimentaria está más unida a las ciencias geológicas exógenas, como son la *Estratigrafía*¹ y en menor grado a la *Geomorfología*. Desde antiguo se encuentra ligada a otras ciencias relacionadas con la naturaleza de los materiales geológicos como son la *Mineralogía* y también la *Geoquímica*; en tratados antiguos –a principios del siglo XX– Mineralogía y Petrología se agrupan bajo el término actualmente obsoleto de Geognosia constituyendo la ciencia de los materiales geológicos, frente a la *Geodinámica* o ciencia de los procesos geológicos. También está

¹Puede observarse la diferencia entre la Petrología, la Estratigrafía y la Sedimentología en cuanto a objetivos y lenguaje utilizado para referirse a una misma roca. La Petrología atiende a la litología, distingue tipos rocosos, así utiliza el término caliza micrítica. La Sedimentología atiende más a los procesos, distingue facies y ambientes y la denomina caliza pelágica. La Estratigrafía atiende a sus relaciones en el espacio y en el tiempo, distingue secuencias y habla de caliza jurásica.

relacionada con la *Petrología Endógena* en conceptos y métodos de estudio, así como en ciertos contenidos (procedencia: roca madre), con la *Tectónica* (génesis y evolución de las cuencas sedimentarias) y con la *Paleontología* (génesis de las rocas bioquímicas).

La Petrología Sedimentaria también requiere conocimientos de otras ciencias –de sus conceptos teóricos y de sus métodos de trabajo– como la *Física* (procesos generadores, propiedades...), la *Química* (composición, técnicas analíticas, propiedades...), la *Biología* (ambientes sedimentarios...) y las *Matemáticas* (tratamiento de datos...). A su vez es utilizada por otras materias de carácter más técnico como la *Ingeniería* (soporte de estructuras, materias primas...) y la *Arquitectura* (materiales de construcción...).

En resumen, la Petrología Sedimentaria precisa de las restantes ciencias de la naturaleza (de las básicas, sobre todo), el avance en ellas colabora a su progreso; y a su vez aporta conocimientos a otras ciencias (las aplicadas, esencialmente), en las que se ven implicadas o utilizadas rocas sedimentarias.

3. DESARROLLO HISTÓRICO

Durante siglos tiene lugar una acumulación de conocimientos y sólo en las últimas décadas se alcanza un cierto grado de entendimiento. El desarrollo de la petrología sedimentaria, como el de la geología, es reciente (siglo XX). Pueden encontrarse antecedentes en los antiguos griegos –en conceptos– y romanos –en aplicaciones–. Hasta la edad media hay pocos avances y los conocimientos se sitúan en torno al sílex, las arcillas, los ocre –para la fabricación de armas, utensilios, pigmentos–, las menas minerales para la obtención de metales, los suelos en agricultura y los procesos sedimentarios en obras públicas.

El *nacimiento y primer desarrollo* de la geología está muy relacionado con el origen de las rocas y se debe fundamentalmente a:

- *Steno* (Niels Stensen, 1638-86, época de auge de las sociedades científicas), con el principio de la superposición de estratos y la definición del concepto de sedimento.
- *Hutton* (1726-97), que estableció en 1785 el principio del actualismo fijándose en las rocas sedimentarias y fue impulsor de la teoría plutonista.
- *Werner* (1749-1817), defensor de la teoría neptunista, en la que se exagera el origen sedimentario de las rocas, incluyendo sedimentación mecánica y precipitación química.

Los *primeros trabajos petrográficos* forman parte de estudios estratigráficos –las rocas sólo presentaban interés como documentos de la historia de la tierra– destacando:

- *W. Smith* (1815) por la elaboración del mapa geológico de Inglaterra y señalar el interés de los fósiles en las correlaciones estratigráficas.
- *Grabau* (1913) por su libro: “Principios de Estratigrafía”.
- *Thwenhofel* (1928) por su “Tratado de Sedimentación”.

Ambos textos constituyen la recopilación y síntesis de los conocimientos del siglo XIX y contienen las bases de la petrología sedimentaria.

Su *individualización* comienza a finales del siglo pasado, con trabajos donde se observa un enfoque petrográfico más próximo al actual, como los realizados por:

- *H.C. Sorby* (1826-1908) relativos al estudio de láminas delgadas al microscopio polarizante. Sorby concibe las rocas como entidades acreedoras de interés en sí mismo y es reconocido como el padre de la petrología, entre sus primeras publicaciones destacan las que tratan sobre rocas sedimentarias: "Estructura y origen de las calizas" (1850), "Estructura y origen de las rocas estratificadas no calcáreas" (1851), "Estructura microscópica de los cristales" (1858), "Estructura y origen de la corteza" (1979), "Aplicación de métodos de estudio cuantitativos en la estructura e historia de las rocas" (1908).
- *L. Cayeux* (1864-1944), también realizó buenos trabajos petrográficos entre las que destacan sus monografías sobre las rocas sedimentarias de Francia: "Estructura y origen de las areniscas del terciario de París. Estudio de los yacimientos minerales de Francia" (1906), "Las rocas sedimentarias de Francia. Rocas silíceas" (1929).
- *Krynine y Folk* en América y a *Strakov* en Rusia pueden considerarse entre los principales continuadores de esta tendencia.

El *desarrollo* de la petrología sedimentaria tiene lugar en la primera mitad del siglo XX, sobre todo entre 1925-50, con trabajos petrográficos más de laboratorio centrados fundamentalmente en:

- Aspectos mineralógicos, con especial énfasis en el estudio de los minerales pesados de las rocas detríticas, que culmina con la obra de *Milner*: "Principios de Petrografía Sedimentaria" (1922).
- Cuantificación de texturas, iniciada con el trabajo de *Wentworth*: "Estudio de campo y laboratorio sobre el desgaste de los cantos" (1919), y seguida por Krumbein, Pettijohn, Trask y Folk, también fundamentalmente en rocas detríticas.

Su *expansión* en la segunda mitad del siglo, tiene sus antecedentes en los conocimientos previamente acumulados en diferentes campos, como la prospección de petróleo o los trabajos oceanográfico (desde los primeros informes del Challenger en 1891, al estudio de los sedimentos marinos recientes de Trask en 1939, y al proyecto de perforación del mar profundo), dando lugar a la individualización de la "sedimentología". El estudio de las rocas se realiza ahora más a nivel de campo, atendiendo a sus aspectos tridimensionales, geometría, evolución de las facies –relación entre sus variaciones laterales y verticales (ley de Walther)–, y adquieren especial énfasis las estructuras sedimentarias y la red de paleocorrientes. Este hecho se pone de manifiesto en los trabajos de Allen (1962) y Walther (1965) de carácter estratigráfico, así como otros de tipo más tectónico y estructural, desarrollándose nuevas materias como el "análisis de cuencas".

A partir de los años 70 –con la mejora de las técnicas analíticas y el desarrollo de otras nuevas (MEB, microsoda, catodoluminiscencia)– la investigación cambia desde el mencionado análisis del aspecto macroscópico y físico de las rocas, a los estudios a pequeña escala, microscópicos y químicos. Se potencia el estudio de los procesos sedimentarios, en particular la diagénesis y la alteración, que pueden ser interpretados con mayores conocimientos geoquímicos. Tiene lugar un notable desarrollo el

conocimiento de las litologías autóctonas: rocas carbonatadas y evaporíticas. También se contemplan aspectos aplicados de las rocas, consideradas materiales de interés industrial (rocas industriales), se caracterizan sus propiedades y se analiza cómo estas influyen en su comportamiento cuando son utilizadas con distintos fines.

4. METODOLOGÍA

Se consideran las características del trabajo científico, comunes en investigación y en cualquier tarea a realizar en el ámbito de la ciencia. Dentro de ese contexto también se indican los métodos y procedimientos de trabajos propios de la Petrología Sedimentaria.

Metodología del trabajo científico

El "método" es el modo de proceder organizado, el orden, la lógica y la jerarquía que se pone para llevar a cabo los diferentes procesos del trabajo científico, realizados de acuerdo con un fin determinado. El método científico se pone de manifiesto en la planificación del trabajo y en el establecimiento de etapas, que pueden resumirse en las siguientes:

- Planteamiento: documentación.
- Plan de trabajo: distribución de tareas.
- Elaboración de la información: resultados.
- Presentación y difusión.

Planteamiento

El trabajo debe comenzar por conocer las fuentes, por leer críticamente lo que se sabe sobre el tema objeto de estudio, los procedimientos seguidos y las técnicas utilizadas para ello. Es frecuente disponer de un exceso de información (mayor cuanto más genérico es el tema estudiado) y normalmente es preciso seleccionar la de mayor interés. Puede plantearse como objetivo de esta etapa elaborar un documento que informe del "estado de la cuestión".

En investigación debe definirse el tema de manera precisa en esta etapa, concretándolo al máximo, planteándolo en forma de "problema a resolver" o de "hipótesis a demostrar". El problema debe acotarse y ponerse operativo, estableciendo las variables que intervienen; la hipótesis debe hacerse explícita, de forma que quede claro y concreto lo que desea conocer. (Por ejemplo, en vez de plantear como objeto de investigación la alteración de las rocas, debe atenderse a un tipo rocoso, a un proceso de alteración, a como dicho proceso afecta a un determinado comportamiento de la roca estudiada, a ser posible cuantificando los cambios observados).

Plan de trabajo

Es preciso establecer un plan de trabajo donde se fije el qué, cuándo, dónde y cómo de las determinaciones a realizar, con las cuales esperamos resolver el problema o demostrar la hipótesis. Siempre es necesario tener muy claros los conceptos que se manejan, además deben conocerse perfectamente los procedimientos y las técnicas instrumentales a utilizar en la toma de datos –sus ventajas e inconvenientes–, y de esta forma escoger los más adecuados en cada caso. En esa elección influyen distintos factores relacionados con la cantidad y calidad de datos requeridos, así como con la

accesibilidad, dificultad, tiempo empleado y coste de las distintas técnicas y procedimientos.

Un aspecto importante es el relativo a la calidad y cantidad de los datos a tomar. Siempre es esencial garantizar que los datos sean representativos, en este sentido existen distintas técnicas de muestreo. Es conveniente tomar datos cuantitativos y debe conocerse la exactitud, precisión y sensibilidad de las técnicas instrumentales utilizadas. Los datos tomados han de ser los óptimos –el tiempo y el dinero siempre son limitados– y no debe aumentar el número de observaciones si no se incrementa proporcionalmente la precisión. Es preciso obtener el máximo de información en el menor tiempo posible.

Elaboración de la información

Las observaciones y los datos necesitan ser organizados, elaborados y comparados. Dicha labor siempre incluye dos etapas: una primera de análisis seguida de otra de síntesis. Con frecuencia los datos numéricos requieren un tratamiento estadístico y es conveniente su presentación gráfica, actualmente estos procesos precisan conocimientos informáticos (hojas de cálculo, bases de datos, programas estadísticos, tratamiento de imágenes...). El tratamiento de los datos permite establecer correlaciones entre ellos, obtener relaciones de dependencia o relaciones causa-efecto, que permitan solucionar el problema o demostrar la hipótesis planteada.

La información obtenida, una vez elaborada, sintetizada y puesta de forma gráfica, permite llevar a cabo su interpretación y extraer su significado. Se trata de una etapa de reflexión, de obtener resultados y establecer conclusiones. Es el momento de revisar la documentación seleccionada en la etapa inicial, de comparar los resultados obtenidos con los de otros trabajos, y ver hasta qué punto hemos resuelto el problema o demostrado la hipótesis. También es el momento de establecer los nuevos problemas que han surgido a lo largo del trabajo.

Presentación y difusión

La presentación de resultados, tanto la memoria escrita como la exposición oral, es un parte importante del proceso. Ambas formas de mostrar el trabajo científico deben ser cuidadas, elaboradas, objeto de reflexión y de trabajo en sí mismas. Como pauta general la presentación debe ser precisa, escueta, gráfica y didáctica, de manera que anime al receptor a leer o escuchar el trabajo. Desarrollar todas esas características –válidas tanto para la elaboración de memorias de investigación, como para informes en el campo profesional– requiere un esfuerzo y un aprendizaje que sólo se adquiere con la práctica, y que debe empezar a aplicarse en los trabajos de clase y en los exámenes escritos.

Además, es conveniente que la difusión sea acertada, es decir, que la publicación de los resultados esté al alcance de los investigadores interesados en el tema; de este modo es posible que manifiesten sugerencias o surjan críticas, permitiendo el avance y enriquecimiento del conocimiento. Una buena manera de facilitar todo eso es publicar en aquellas fuentes que sean utilizado con mayor frecuencia en la etapa previa de documentación del tema.

Metodología de la Petrología Sedimentaria

Normalmente el trabajo se desarrolla en tres ámbitos: campo, laboratorio y gabinete, y las rocas se analizan a distintas escalas: mega, macro, micro y nanoescala sucesivamente. En cualquier caso, las tareas a realizar dependen de los objetivos de estudio y en cierta medida están afectadas por el interés del investigador.

Trabajo de campo

El trabajo comienza en el campo, a escala de afloramiento, donde deben observarse las relaciones entre las distintas litologías, la geometría de los cuerpos rocosos (continuidad lateral y vertical), estructuras a distintas escalas, direcciones de flujo (paleocorrientes), restos fósiles, etc., sabiendo apreciar el interés y significado de cada uno de estos aspectos. El trabajo empieza por identificar las distintas litologías, conocer sus características petrográficas “de visu”: composición, textura, forma de alterarse, etc., continuando el análisis en el laboratorio. Las estructuras sedimentarias se estudian normalmente en el campo, dado el tamaño que suelen presentar. Tras la observación, esta etapa continua con la toma de datos y la toma de muestras (siempre orientadas) para su posterior estudio en el laboratorio, el mejor método de registrar toda esa información es localizarla de forma ordenada y esquemática en la columna estratigráfica.

Trabajo de laboratorio

En el laboratorio el trabajo empieza normalmente por la caracterización petrográfica de las rocas mediante microscopía óptica de polarización por luz transmitida, técnica común en petrología y de sumo interés en la mayoría de los tipos rocosos. La caracterización petrográfica –comenzada con la observación de las rocas en el campo– se apoya fundamentalmente en la observación al microscopio petrográfico, y puede continuarse con otras microscopías (electrónica de barrido, de transmisión, de fluorescencia...). Este análisis incluye una primera etapa de identificación de las características petrográficas, seguida de su valoración semicuantitativa o cuantitativa. La preparación de la muestra (ataques selectivos, tinciones, impregnaciones con resinas coloreadas o fluorescentes, pulido de la superficie...) puede facilitar dicho análisis.

De acuerdo con el tipo de material estudiado –su composición y textura– y con los objetivos perseguidos, pueden realizarse estudios complementarios o específicos: análisis mecánicos en materiales detríticos disgregables (tamizajes, separación de minerales pesados...); análisis mineralógicos mediante distintas técnicas instrumentales (DRX, IR-TF); análisis de componentes o elementos químicos de a partir de métodos sencillos (calcimetrías, residuo insoluble...) o de técnicas analíticas más complejas (FRX, AA, ICP, CI); análisis de isótopos (espectrometría de masas); análisis químico-texturales (SEM-EDX, microsonda, catodoluminiscencia); cuantificación de parámetros texturales (proceso de imágenes); determinación de propiedades físicas (porosidad), etc.

También pueden llevarse a cabo trabajos experimentales, sobre aspectos concretos relativos al origen de las rocas, mediante ensayos de laboratorio: alteración artificial (meteorización simulada), transporte de materiales sobre lechos blandos (simulación de estructuras), depósito de partículas en medios fluidos (simulación de condiciones de sedimentación), reacciones químicas o comportamiento físico a presión y temperatura controlada (diagénesis), etc.

Trabajo de gabinete

El trabajo comienza con el tratamiento de los datos (elaboración de tablas y gráficos, obtención de parámetros y correlaciones), incluye el estudio crítico comparativo con otros trabajos recogidos en la fase de documentación, y concluye con una labor de síntesis, interpretación de datos, valoración de resultados y obtención de conclusiones. Para su desarrollo suele ser conveniente tomar como guía otros trabajos similares. Previamente a la interpretación final puede necesitarse algún análisis más en laboratorio, o volver al campo y realizar otras observaciones a la luz de los nuevos conocimientos que se tienen del tema.

En este sentido debe tenerse en cuenta que «observar y registrar de forma precisa todo lo que se ve requiere cierta experiencia –habilidad práctica fruto del aprendizaje– y un fondo de conocimientos que la oriente» (Tucker, 1981), y que «la habilidad de un geólogo para describir (un afloramiento, una roca...) está relacionada con su conocimiento de los fenómenos observados; en consecuencia, es extremadamente difícil ver y describir lo que no se conoce» (Blatt, 1980). Un afloramiento admite varias lecturas: al aumentar nuestro conocimiento suministra nuevos datos. Sólo vemos lo que sabemos: las observaciones que realizamos no son asépticas (neutrales) siempre están teñidas de teorías, interpretaciones y prejuicios, de acuerdo con los conocimientos que tengamos del tema.

5. DOCUMENTACIÓN: BIBLIOGRAFÍA

En el estudio de cualquier materia, además de tener claros los conceptos utilizados y dominar los métodos de análisis, es fundamental conocer las fuentes de información. En petrología sedimentaria, como en otras materias científicas, esta labor de documentación se realiza esencialmente en la biblioteca, sobre distintos tipos de documentos: libros, revistas, mapas, informes, etc., en general sobre publicaciones escritas e impresas.

Las publicaciones pueden ser primarias o secundarias, son primarias las realizadas por el propio autor sobre un tema del que tiene conocimiento directo (ej.: artículos de revistas especializadas, libros...); las secundarias son las elaboradas a partir de las primarias y pueden contener errores de transcripción o de interpretación (ej.: referencias o citas hechas por otro autor, resúmenes y traducciones recogidas en revistas de índices o en bases de datos, notas de conferencias o apuntes de clases...).

En la actualidad la información en cualquier ámbito de estudio está experimentando un incremento exponencial, paralelamente aparecen nuevos medios de acceso, entre los que cabe destacar el tratamiento informático de la información y el desarrollo de bases de datos. La evolución que está experimentando todo este campo es sumamente rápida.

En estudios básicos, generales o iniciales de una materia debe empezarse por la lectura de libros clásicos, de autores acreditados, con el fin de dominar los conceptos y términos del tema de estudio. Puede comenzarse por textos generales en castellano, pero cuando se desea avanzar o consultar fuentes primarias con frecuencia se requiere conocer otros idiomas (sobre todo el inglés). Debe tenerse la costumbre de consultar diccionarios especializados (a veces también comunes), de forma que el significado de

las palabras sea correcto y los términos utilizados sean lo más preciso (cuando se considere necesario, debe indicarse entre paréntesis el término equivalente en otro idioma).

En trabajos de específicos o de investigación es necesario planificar la búsqueda, consultar trabajos bibliográficos, bases de datos... y seleccionar toda esa información. Deben examinarse los trabajos más relevantes, desarrollar técnicas de lectura rápida para una primera revisión, adquirir y realizar una lectura más crítica de lo que interese, anotar al margen comentarios y sugerencias, subrayar, tomar notas, recoger referencias y reproducir aquellas tablas o figuras que interese tener a mano.

Bibliografía sobre Petrología Sedimentaria

Se recogen los libros de texto más relevantes en Petrología Sedimentaria; otras fuentes de información son los textos de materias geológicas afines (Mineralogía, Estratigrafía, Geodinámica Externa, Ciencia de Materiales...), así como de otras ciencias geológicas y también no geológicas (Estadística, Física del Estado Sólido, Química Analítica...).

Libros de petrología sedimentaria básicos y actuales:

- **Pettijohn, F.J. (1968, 2ªEd).** "Las Rocas Sedimentarias". EUDEBA, 730 p.
- **Füchtbauer, H. (1974).** "Sediments and sedimentary rocks" (2ª Ed.). Scheizerbart'sche. Stuttgart, 464 p.
- **Pettijohn, F.J. (1975, 3ªEd).** "Sedimentary Rocks". Harper & Row. New York, 628 p.
- **Folk, R.L. (1980).** "Petrology of Sedimentary Rocks". Hemphill Publ. Comp., Austin, Texas, 182 p.
- **Blatt, H., Middleton, G. y Murray, R. (1980, 2ªEd).** "Origin of Sedimentary Rocks". Prentice Hall. New Jersey, 782 p.
- **Greensmith, J.T. (1989, 7ªEd).** "Petrology of the sedimentary rocks". G. Unwin. & Hyman. London, 262 p.
- **Blatt, H. (1992, 2ª Ed).** "Sedimentary Petrology". W.H. Freeman & Comp. San Francisco, 514 p.
- **Carozzi, A.V. (1993).** "Sedimentary Petrography". PTR Prentice Hall, New Jersey, 263 p.
- **Tucker, M.E. (2001, 3ªEd).** "Sedimentary Petrology. An Introduction". Blackwell Sci. Publ., Oxford, 262 p.

Libros de petrología general (ígneas, sedimentaria y metamórfica):

- **Huang, W.T. (1968).** "Petrología". UTEHA, México, 540 p.
- **Bayly, B. (1972).** "Introducción a la Petrología". Paraninfo, Madrid, 437 p.
- **Ernst, W.G. (1974).** "Los materiales de la Tierra". Omega, Barcelona, 150 p.
- **Lameyre, J. (1975).** "Roches et minéraux: 2. Les formations". Doin. París, 350 p.
- **Auboin, J., Brousse, R. y Lehman, J.P. (1981).** "Tratado de Geología. Tomo I: Petrología". Omega. Barcelona, 602 p.
- **Blatt, H. y Tracy, R.J. (1999, 3ªEd.).** "Petrology". W.H. Freeman and Company, 529 p. (215-350)

Libros de petrografía microscópica (además **Carozzi, 1993**):

- **Williams, S.R., Turner, F.J. y Gilber, C.M. (1968).** "Petrografía. Introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas". CECSA, México, 430 p.
- **Nockolds, S.R., O'B Knox, R.O., y Chinner, G.A. (1978).** "Petrology for students". Cambridge Univ. Press, 430 p.
- **Scholle, P.A. (1978).** "Carbonate rocks constituents, textures, cements and porosities". Memoir 27, AAPG, Tulsa, 241 p.
- **Scholle, P.A. (1979).** "Constituents, textures, cements and porosities of sandstone and associated rocks". Memoir 28, AAPG, Tulsa, 201 p.

- **Adams, A.E. Mackenzie W.S. y Guilford, C. (1984).** "Atlas of Sedimentary Rocks under the microscope". Logmann. Harlow, Essex, 104 p.
- **Mackenzie W.S. y Adams, A.E. (1997).** "Atlas de rocas y minerales en lámina delgada". Masson SA, 115 p.
- **Adams, A.E. Mackenzie W.S. y Guilford, C. (1997).** "Atlas de Rocas Sedimentarias". Masson SA, 106 p.

Libros específicos de los principales tipos de rocas sedimentarias:

- **Pettijohn, F.J., Potter, P.E. y Siever, R (1987, 2ªEd).** "Sand and Sandstone". Springer-Verlang, Berlín, 553 p.
- **Potter, P.E., Maynard, J.P. y Pryor, W.A. (1984, 2ªEd).** "Sedimentology of Shale". Springer-Verlang, New York, 310 p.
- **Fisher, R. V. y Schmincke, H. U. (1984).** "Pyroclastic rocks". Springer-Verlang, Berlín, 472 p.
- **Scoffin, T.P. (1987).** "An introduction to carbonate sediments and rocks". Blackie, Glasgow, 274 p.
- **Kirkland, D.W. y Evans, R. [Eds.] (1973).** "Marine evaporites. Origen, diagenesis y geochemistry". Dowden Hutchinson & Ross, Stroudsburg (Penn. State), 412 p.

Libros de sedimentología (procesos sedimentarios):

- **Vatan, A. (1967).** "Manuel de Sedimentologie". Technip. Paris, 400 p.
- **Laporte, L.F. (1974).** "Los ambientes antiguos". Omega. Barcelona, 116 p.
- **Selley, R.C. (1976).** "Medios sedimentarios antiguos". Blume, Madrid, 251 p.
- **Selley, R.C. (1976, 2ªEd).** "An introduction to sedimentology". Academic Press. London, 417 p.
- **Boggs, S. (1987).** "Principles of sedimentology and stratigraphy". Macmillan Publ. Co. New York, 748 p.
- **Boggs, S. (2001, 3ªEd.).** "Principles of sedimentology and stratigraphy". Prentice Hall. New Jersey, 726 p.
- **Arche, A [Co.] (1989).** "Sedimentología". CSIC. Madrid, V. I: 541 p., V.II: 526 p.
- **Chamley, H. (1990).** "Sedimentology". Springer-Verlang, Berlín, 285 p.
- **Leeder, M.R. (1982).** "Sedimentology: Process and products". Academic P., London, 417 p.
- **Reading, H. G. [Ed.] (1996).** "Sedimentary Environments. Processes, facies and stratigraphy". Blackwell Sci. Oxford, 500 p.

Libros de interés para técnicas de estudio y aspectos prácticos (además **Vatan, 1967**):

- **Allman, M. y Lawrence, D.F. (1972).** "Geological laboratory techniques". Blandford, London, 335 p.
- **Hutchison, C.H. (1974).** "Laboratory handbook of petrographic techniques". J. Wiley & Sons, New York, 527 p.
- **Corrales, I., Rossell, J., Sánchez, L., Vera, J. y Vilas, L. (1977).** "Estratigrafía". Rueda. Madrid. 700 p.
- **Mingarro, F. y Ordoñez, S. (1982).** "Petrología Exógena I: Hipergénesis y Sedimentogénesis alóctona". Rueda. Madrid, 385 p.
- **Tucker, M.E. (1982).** "The field description of sedimentary rocks". Open Univ. Press, Milton Keynes (England), 112 p.
- **Lindholm, R. (1987).** "A practical approach to sedimentology". G. Allen & Unwin, London, 276 p.
- **Tucker, M.E. (1986).** "Sedimentary rocks in the field". Wiley, Chichester, 153 p.
- **Tucker, M.E. [Ed.] (1988).** "Techniques in sedimentology". Blackwell Sci. Publ., Oxford, 394 p.

Publicaciones periódicas de interés en petrología sedimentaria:

- **Journal of Sedimentary Research - Journal of Sedimentary Petrology (SEPM).** Tulsa, Oklahoma.
- **Sedimentology (IAS).** Blackwell, Oxford.
- **Bull. American Association of Petroleum Geologists (AAPG).** Tulsa, Oklahoma.
- **Sedimentary Geology.** Elsevier, Amsterdam.
- **Bull. Geological Society of America (GSA).** Boulder, Colorado
- **Contributions Mineralogy and Petrology.** Springer International
- **Journal of Petrology.** Clarendon Press, Oxford.

Publicaciones periódicas españolas de carácter general:

- **Boletín Geológico y Minero.** ITGE, Madrid.
- **Estudios Geológicos.** CSIC, Madrid.
- **Revista de la Sociedad Geológica de España.** SGE, Madrid.

Bibliografía complementaria

Se recogen distintos libros de interés: diccionarios científicos y geológicos, textos relativos a los fundamentos de la ciencia y de la geología, y otros más relacionados con la metodología, el lenguaje y la redacción del trabajo científico.

Diccionarios científicos y geológicos:

- **Whitten, D.G.A. y Brooks, J.R.U. (1972).** "The Penguin Dictionary of Geology". Penguin, Middlesex, 500 p.
- **Bates, R.L. y Jackson, J.A. [Ed.] (1980).** "Glossary of Geology". American Geological Institute, 751 p.
- **Foucault, A. y Raoult, J.F (1985).** "Diccionario de Geología". Mason, Barcelona, 316 p.
- **Kearey, P. (1996).** "Dictionary of Geology". Penguin Books, Middlesex, England, 366 p.
- **Oxford-Complutense (1999).** "Diccionario de Ciencias de la Tierra". Ed. Complutense, Madrid, 879 p.
- **Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1996).** "Vocabulario Científico y Técnico". Espasa, Madrid, 1627 p.

Fundamentos de la ciencia y de la geología

- **Pérez Tamayo, R. (1989).** "Como acercarse a la ciencia". Limusa, México, 150 p.
- **Barnes, B. (1987).** "Sobre ciencia". Labor, Barcelona, 150 p.
- **Chalmers, A.F. (1994).** "¿Qué es esa cosa llamada ciencia?". Siglo XXI, 246 p.
- **Echevarría, J. (1999).** "Introducción a la metodología de ciencia". Cátedra, Madrid, 343 p.
- **Mosterín, J. (2000).** "Conceptos y teorías en la ciencia". Alianza Ed., Madrid, 318 p.
- **Anguita, F. (1988).** "Origen e historia de la Tierra". Rueda, Madrid, 525 p.
- **Tarbuck, E.J. y Lutgens, F.K. (2000).** "Ciencias de la Tierra". Prentice Hall, Madrid, 563 p. (2-9)

Métodos y técnicas del trabajo científico:

- **Romano, D. (1978).** "Elementos y técnicas del trabajo científico". Teide, Barcelona, 156 p.
- **Gallego, A (1987).** "Ser doctor, como redactar una tesis doctoral". Fundación Empresa-Universidad, Madrid, 191 p.
- **Quesada Herrera, J. (1987).** "Redacción y presentación del trabajo intelectual". Paraninfo, Madrid, 211 p.
- **López Yepes, J. (1995).** "La aventura de la investigación científica". Síntesis, Madrid, 253 p.
- **Gutierrez Rodilla, B. (1998).** "La ciencia empieza en la palabra. Análisis e historia del lenguaje científico". Ed. Península, Barcelona, 381 p.