

HISTORIA DE LA PETROLOGÍA SEDIMENTARIA

(Traducción de textos de F.J. Pettijohn, 1975 y R.C. Selley, 1982)

**PETTIJOHN, F.J. (1975, 3ª Ed.). “Sedimentary Rocks”.
Harper & Row, New York, 628 (2-8) pag.**

Aunque la sedimentología es una ciencia reciente, los conocimientos humanos sobre los sedimentos son antiguos. Los hombres primitivos ya conocían algo sobre la naturaleza y manera de presentarse del sílex –con el que fabricaban navajas, lanzas y puntas de flechas–, así como sobre las arcillas –utilizadas para fabricar sus cacharros– y sobre los ocre, los cuales usaban para pigmentos.

Las primeras especulaciones registradas parecen ser las de los antiguos griegos, sorprendiéndonos algunas de ellas por la astuta observación de los procesos de sedimentación. A pesar de este temprano interés no emerge una verdadera ciencia.

Estratigrafía

El primer trabajo significativo sobre rocas sedimentarias fue de tipo estratigráfico. Los estudios de campo estaban dirigidos hacia la geometría grosera –espesor y extensión lateral– de los cuerpos sedimentarios. La publicación en 1815 del mapa geológico de Inglaterra por *William Smith* constituye un hito. Dicho mapa –resultado de muchos años de trabajo y más de 11.000 millas a lomos de caballo– es uno de los primeros intentos válidos de mostrar la distribución y disposición ordenada de las rocas sedimentarias de una región. La contribución más importante de Smith es el descubrimiento de la utilidad de los fósiles en correlaciones. Por tanto, la sedimentología tiene sus inicios en la estratigrafía, con la que se encuentra estrechamente relacionada.

Los primeros estratígrafos contribuyeron al conocimiento de las rocas sedimentarias y muchas de sus observaciones están incorporadas en sus informes científicos. Los “*Principios de Estratigrafía*” de *Grabau* (1913) contienen un extenso sumario de tales conocimientos, y descendiente lineal suyo es el “*Tratado de Sedimentación*” de *Twenhofel* (1928).

Láminas delgadas

El estudio de los sedimentos como disciplina separada de la estratigrafía comenzó con *Henry Clifton Sorby* en su comunicación a la *Sociedad Geológica de Londres* en 1879. El interés de Sorby por los sedimentos es claro, y sus primeras publicaciones: “*Sobre la estructura y origen de las calizas*” (1850) y “*Sobre la estructura y origen de las rocas estratificadas no-calcáreas*” (1851), marcan un punto de inflexión en el estudio de las rocas sedimentarias. Sorby comenzó los estudios de rocas sedimentarias a partir de láminas delgadas, técnica destinada a jugar un papel muy importante en el estudio de rocas en general.

El interés de Sorby por las rocas sedimentarias era algo más que el que las corresponde como partes de la columna estratigráfica. Concibe las rocas como entidades

acreedoras en sí mismas de estudio y conocimiento. Sorby fue, en verdad, un pionero y es reconocido como el “padre de la petrología”; en muchos sentidos estaba adelantado a su tiempo. En 1859, en una publicación sobre estratificación cruzada, muestra una comprensión de la utilidad de las estructuras sedimentarias primarias en las reconstrucciones paleogeográficas, que solo recientemente han sido reconocida. Su último escrito “Sobre la aplicación de métodos cuantitativos para el estudio de la estructura e historia de las rocas” (1908) apunta desarrollos destinados a llegar varias décadas después.

La técnica de estudio de láminas delgadas de rocas es tomada ávidamente por los investigadores de rocas ígneas, destacando entre otros los petrógrafos germanos Rosenbusch y Zirkel. Por el contrario, es olvidada por los investigadores de rocas sedimentarias, quizás, porque las investigaciones eran llevadas a cabo por estratígrafos y no por petrógrafos.

Entre las más notables excepciones puede señalarse a *Lucien Cayeux*, cuyas monografías sobre la petrografía de las *rocas sedimentarias de Francia* todavía no han sido superadas. Su primera publicación aparece en 1899 y la última en 1931; ellas contienen buenos conocimientos y bellas ilustraciones de rocas sedimentarias calcáreas, silíceas, fosfatadas y ferruginosas de Francia.

Los estudios de láminas delgadas de rocas sedimentarias –largo tiempo olvidados–, constituyen de nuevo un tópico. Esto quizás es debido al crecimiento de la sedimentología como ciencia geológica independiente de la estratigrafía, y a su desarrollo por una nueva generación entrenada en métodos petrográficos.

En este sentido pueden señalarse meritorios trabajos: Las publicaciones de Hadding sobre las rocas sedimentarias de Suecia, los trabajos pioneros de Goldman, los estudios más recientes de *Krynine* y sus discípulos de E.U., los trabajos de *Folk* sobre calizas, los trabajos de Hallimond y Taylor sobre las rocas ferruginosas británicas, trabajos similares de Deverin en Suiza, los estudios de microfacies de Cuvier, las publicaciones de Shvetzov, Ruhkin, Strakov y otros sedimentólogos soviéticos, los trabajos de Correns y su instituto de Göttingen.

Minerales pesados

Esencialmente, y hasta épocas recientes, los petrólogos sedimentarios (exceptuado Cayeux) invertían sus energías en el estudio de la mineralogía de los sedimentos, sobre todo en la mineralogía de las arenas y en particular en los llamados “minerales pesados”. El estudio de los minerales pesados era el objetivo de los investigadores europeos; dentro de este campo cabe señalar a Arti en Italia, Thoulet en Francia, Retgers en Alemania, Thomas en Inglaterra.

La observación de Illing (1916), en el sentido de que cada unidad sedimentaria en cada cuenca particular tiende a tener un único conjunto de minerales detríticos, conduce a la correlación de minerales pesados. Su utilidad como herramienta estratigráfica, y su aplicación a la exploración de petróleo, incrementó el interés del tema. Esta fase de la ciencia culmina con los “*Principios de Petrografía Sedimentaria*” de Milner (1922), el cual es, en esencia, un manual para el estudio de los minerales detríticos de las arenas.

El interés del tema ha declinado, en parte por la duda arrojada –por Sindowski, Weyl y otros–, acerca del valor estratigráfico de los minerales pesados y, sobre todo, debido a la mayor utilidad de los microfósiles; recientemente, las técnicas de perfiles geofísicos ("logg") son más utilizadas en correlaciones subterráneas. Desafortunadamente el uso de los minerales pesados –en ausencia de fósiles– por los estratígrafos, ha oscurecido el significado de otros aspectos de estos minerales, generando que el término petrografía sedimentaria sea sinónimo de correlación de minerales pesados.

Texturas

En 1919 el Journal of Geology publica la tesis de C.K. Wentworth: "*Un estudio de laboratorio y campo de abrasión de cantos*". Wentworth –entonces estudiante de la Universidad de Iowa– inicia una nueva aproximación al estudio de los materiales sedimentarios. En esencia, establece una definición de redondeamiento, de manera que esta propiedad, propia de los materiales detríticos, puede ser cuantificada. El cambio de juicios subjetivos por medidas objetivas conduce a la recolección de un gran volumen de datos numéricos, y estimula los estudios experimentales en laboratorio, como los procesos de abrasión de cantos. Wentworth inaugura una época de medida y experimentación controlada. Es verdad que han existido experimentadores con anterioridad, pero la mayor parte de sus trabajos son de naturaleza cualitativa y subjetiva a veces.

Las primeras publicaciones de Wentworth, seguidas por otras en que demuestra la fecundidad de este modo de trabajo, producen un gran desarrollo de los estudios cuantitativos; así, durante las dos décadas siguientes dichos métodos son aplicados a otras muchas propiedades sedimentarias. A la recolección de datos numéricos sigue la necesidad de integrar y valorar tales datos. Los métodos improvisados usados en un principio, pronto son suplantados por procedimientos estadísticos. El propio Wentworth intenta usar dichos métodos para analizar tamaños de grano; no obstante, parece ser Trask el primero en diseñar procedimientos estadísticos aceptables.

La medida del tamaño de grano de materiales clásticos sedimentarios ("análisis mecánico") es llevada a cabo en varias disciplinas, entre las que destacan las ciencias del suelo. Los trabajos de Udden (1899) sobre sedimentos eólicos, están entre los primeros estudios en los que el análisis de tamaños es usado para conocer la historia geológica de un depósito sedimentario. Krumbein, entre otros, refina los métodos de análisis y aplica técnicas estadísticas más sofisticadas al tamaño de grano y a otras propiedades.

Geoquímica

El desarrollo de la geoquímica como una ciencia geológica independiente, da lugar a nuevos métodos y observaciones de gran interés, para los sedimentólogos. Los primeros trabajos, dedicados a estudios cuantitativos sobre la distribución de los elementos en la naturaleza, incluyen su distribución en los depósitos sedimentarios. Tales datos llevan gradualmente al conocimiento de los ciclos geoquímicos o las leyes que gobiernan su distribución y los procesos implicados.

Más recientemente, la química nuclear –con “relojes y termómetros geológicos”– ha abierto nuevas líneas de investigación. Los *elementos radiactivos*, sobre todo el C^{14} y K^{40} , hace posible determinar directamente la edad de algunos sedimentos: El método C^{14} de Libby se puede aplicar a depósitos más o menos recientes; el método K^{40}/A^{40} ha sido aplicado con cierto éxito a glauconitas, a feldespatos potásicos autígenos –menos extendidos–, minerales arcillosos y silvina de viejos depósitos. El *análisis de isótopos* hace posible la determinación de paleotemperaturas: El método de Urey, que incluye la relación O^{16}/O^{18} , ha sido utilizado para estimar la temperatura de formación de conchas en depósitos marinos antiguos. Aunque en muchos aspectos “relojes” y “termómetros” presentan fallos, han contribuido de modo significativo al estudio del registro sedimentario.

Van't Hoff es el primero que utiliza la regla de las fases para estudiar la cristalización de salmueras y la formación de depósitos salinos. No obstante, los estudios experimentales de cristalización de mezclas han estado restringidos largo tiempo a sistemas silicatados de alta temperatura, de interés en las investigaciones de rocas ígneas y metamórficas. Tan sólo recientemente se observan avances significativos en el estudio de sistemas de interés para los sedimentólogos. En este sentido cabe indicar la revisión realizada por Eugster (1971). Se ha visto, por ejemplo, que estos métodos son aplicables a depósitos salinos no marinos. Zen (1959) demuestra la aplicabilidad de la regla de las fases de Gibb a las relaciones carbonatos-arcillas, en rocas sedimentarias.

Se han realizado trabajos teóricos y experimentales sobre la estabilidad mineral para varios potenciales redox (Eh) y varios valores de pH (*Garrel and Christ, 1965*). El avance de la geoquímica sedimentaria augura un incremento de los conocimientos sobre los depósitos sedimentarios. El interés del tema es creciente, siendo indicativos los trabajos “*Geoquímica de Sedimentos*” (*Degens, 1965*) y “*Principios de Química Sedimentológica*” (*Berner, 1971*).

Oceanografía

El estudio de los *sedimentos recientes* es esencial para el conocimiento de los sedimentos antiguos –corolario a la teoría del uniformismo de James Hutton–. No obstante, con la excepción de Walther, Thoulet y otros pocos autores, los sedimentólogos han despreciado, hasta fechas recientes, este aspecto de su ciencia. Nuestro conocimiento de los sedimentos recientes –en especial de los marinos– es debido a los servicios oceanográficos, siendo uno de los primeros –quizás el más famoso– el Challenger. La publicación de los *informes del Challenger (1891)* hace de la oceanografía una disciplina de pleno derecho. Estos informes contienen muchos datos relativos a la distribución y naturaleza de los sedimentos del fondo marino, especialmente de los océanos profundos. Las expediciones siguientes del Gazelle, Meteor, Blake y otros buques pioneros, contribuyeron en gran medida al conocimiento de los sedimentos marinos.

Posteriormente los geólogos han asumido un mayor papel en el estudio de estos depósitos. Stetson y Shepard son los que más han contribuido a ello, y responsables de volver a despertar el interés por los depósitos marinos. También se han estudiado sedimentos deltaicos y litorales (Fisk, van Straaten y otros autores de la escuela holandesa). Una prueba del interés por el tema lo constituye “*Sedimentos Marinos Recientes*” (*Trask [Ed.], 1939*). Otros ejemplos son el proyecto del Instituto Americano

del Petróleo sobre los sedimentos del Golfo de México, los estudios de van Straaten sobre las llanuras mareales de Holanda, de van Andel sobre el Rin y el Orinoco, de Kruit y van Andel sobre el delta del Ródano y de Ginsburg sobre los depósitos carbonatados de Florida y las Bahamas.

Geometría y perfil vertical

Frecuentemente, el estudio de los depósitos modernos se ha realizado sin referencia al registro geológico –salvo notables excepciones–, de manera que tales estudios han carecido de la información necesaria para ser aplicados a los afloramientos, que es lo que concierne al geólogo de campo. Esto es debido principalmente a que las muestras son tomadas en la interfase fluido-sedimento, y únicamente se estudian sus atributos mineralógicos y texturales. Los estudios más fructíferos son los *tridimensionales* de sedimentos holocenos –que incluyen datos de perforaciones–, donde se revela la geometría del depósito, la secuencia vertical de las capas y las estructuras sedimentarias primarias.

El estudio tridimensional de los sedimentos recientes centra la atención en la geometría y el perfil vertical de ambos: sedimentos antiguos y recientes. En cuanto a la geometría de los cuerpos sedimentarios, el mayor interés corresponde a las formas y dimensiones de los cuerpos arenosos –tema principal del simposio de 1960–. Asimismo, existe un interés comparable por la morfología de los arrecifes: modernos y antiguos.

Históricamente, la *estratigrafía* ha sido una ciencia de observación, prestando poca atención a la génesis de las secuencias estratigráficas. La ley de Walther sobre la disposición de las facies, señala que –en ausencia de discontinuidades temporales– los sedimentos adyacentes deben de sucederse entre sí verticalmente. Este concepto ha sido usado en reconstrucciones sedimentarias o modelos de facies, relacionadas con procesos sedimentarios como transgresiones y regresiones; permitiendo no sólo la descripción de los perfiles verticales, sino también el entendimiento de los mecanismos de formación. El concepto de *modelo de facies* constituye, quizás, el avance más sencillo e importante de los últimos años en el análisis de ambientes. Uno de los primeros resúmenes sobre la utilidad del perfil vertical en reconstrucciones ambientales es llevado a cabo por Visher (1965), y un buen tratamiento elemental es realizado por Selley (1970). Excelentes ejemplos de trabajos estratigráficos son las publicaciones de Reading y Walker (1965) y las de Allen (1962, 1970b).

Estructuras y paleocorrientes

El estudio de secuencias verticales incluye, además de las litologías y fósiles de facies, las *estructuras sedimentarias*. El renovado interés por las estructuras sedimentarias conduce a una plétora de publicaciones sobre su clasificación, así como su significado ambiental, utilidad en el *análisis de paleocorrientes* y, por supuesto, su origen –incluyendo tanto la mecánica del suelo como la del fluido–. McKee (1971) señala que "...es sabido, pero ignorado frecuentemente, que sólo las estructuras sedimentarias –no la composición y textura– indican de forma inequívoca el ambiente deposicional". Por ello, muchos estudios de sedimentos recientes tienen como objetivo identificar la estructura particular, o constelación de estructuras, que sirven para diagnosticar cada ambiente. Quizás, tan correcto como importante, sea observar la secuencia de estructuras en el perfil vertical.

El estudio de las estructuras sedimentarias presenta interés no sólo en el análisis ambiental, sino también como guía del sistema de corrientes que ha dominado durante la sedimentación. A partir de medidas de estructuras primarias de corriente y su cartografía, puede reconstruirse el sistema de paleocorrientes –tal como ya apuntó Sorby hace 100 años–. Aunque estructuras de corriente como estratificaciones cruzadas y ripples son conocidas hace tiempo, el registro sistemático de los acimuts de corriente es relativamente nuevo. Estudios parciales e incompletos se deben a Ruedemann (1897), Hyde (1911) y Rubey y Bass (1925). Los primeros estudios integrados de paleocorrientes son los de Hans Cloos y colaboradores (1938), constituyendo desde 1950 referencia común. El interés que de nuevo despiertan las estructuras sedimentarias queda reflejado en las distintas publicaciones monográficas.

Sedimentología

Este interés por las estructuras sedimentarias primarias ha dado respuesta de forma natural a cuestiones relativas con su modo de formación. Puesto que la mayor parte de ellas son producidas por corrientes, ha incrementado la atención por el estudio de los procesos hidrodinámicos. Este hecho queda reflejado en 1964 en el simposio: Estructuras Sedimentarias Primarias y su Interpretación Hidrodinámica (*Middleton, 1965*), y las significativas publicaciones de Allen (*1969, 1970a, 1971*) y otros autores.

El impacto que produce el renovado interés por la geometría de los sedimentos, las secuencias verticales y las estructuras sedimentarias, genera un cambio importante en el estudio de las rocas sedimentarias, y lleva a una revitalización de los estudios de campo; pierde énfasis el estudio de la mineralogía y las texturas sedimentarias –tareas de laboratorio–. Esta fusión de petrología sedimentaria y estratigrafía puede ser llamada *sedimentología* (Doeglas, 1951).

Análisis de cuencas

Dado el interés del tema, se vuelve sobre el análisis ambiental de secuencias verticales concretas, considerada la cuenca como un todo. El análisis de cuencas relaciona *tectónica y sedimentación*, incluyendo esta última el estudio del sistema de paleocorrientes, los mapas de facies y las reconstrucciones paleogeográficas. Una idea en desarrollo sostiene que un sistema clástico disperso genera propiedades vectoriales y escalares interrelacionadas, que pueden ser usadas para reconstruir la configuración de la cuenca, las condiciones originales de sedimentación y la paleogeografía. Esta idea relaciona la mayor parte de los antiguos métodos y conceptos de petrología sedimentaria, con los más recientes de sedimentología, conduciendo a la formulación de un modelo de cuenca. Este modelo facilita el entendimiento de la colmatación de la cuenca sedimentaria y es capaz de predecir la distribución y carácter de los sedimentos subyacentes.

Alrededor de los años 50, paralelamente al análisis de paleocorrientes de una cuenca, tiene lugar la cuantificación y cartografía de sus facies. Se realizan los primeros intentos de descripción de facies, pero la confección de *mapas de facies* ha de esperar a que se disponga de más datos del interior –litológicos y geofísicos– para que sean válidos. Las áreas perforadas en busca de petróleo y gas natural proveen la información necesaria; las relaciones entre la existencia de petróleo y las facies presentes dan mayor auge al tema. En 1948, el simposio de la Sociedad Geológica de América muestra el

rápido ascenso del interés por las facies. En 1960 aparece un atlas sinóptico de las facies fanerozoicas de América del Norte, debido a Sloss, Dapples y Krumbein.

El estudio de las cuencas sedimentarias, su colmatación e historia, se encuentra a la cabeza de los problemas de la *evolución de los continentes*. Las relaciones entre tectónica y sedimentación, sedimentos cratónicos y de geosinclinal, y entre sedimentación y tectónica de placas, son los problemas más investigados. El interés por el tema –ya apuntado por Bertrand (1897) y Tercier (1939)–, comienza con los trabajos de Krynine (1942, 1951) y Pettijohn (1943). El balance de masa y transferencia de materia –temas analizados por Ronov, Migdisov y Barskaya (1969) y Garrels y Mackenzie (1971)– son problemas relacionados; dichos estudios tienen una importante carga histórica, e incluyen la evolución de la tierra desde sus primeros días. Tales problemas afectan a toda la geología, siendo los aspectos sedimentológicos los más importantes, ya que conservan el registro de los acontecimientos pasados.

En resumen

La sedimentología ha pasado a través de cuatro etapas:

- Estudio de los depósitos sedimentarios como entidades estratigráficas.
- Recolección de datos de rocas sedimentarias y formulación de interpretaciones (destacan los trabajos de Sorby, Murray y Renard, Grabau y Twenhöfel).
- Desarrollo de la petrografía sedimentaria como disciplina independiente –gracias a los esfuerzos de Cayeux, Hadding, Milner y Krynine–, con especial énfasis en el estudio de láminas delgadas de rocas, y en el análisis de laboratorio de sus atributos mineralógicos y texturales.
- Estudio tridimensional de los depósitos sedimentarios –tanto modernos como antiguos–, de su perfil vertical y de sus estructuras sedimentarias; conlleva la unión de los estudios de campo y de laboratorio, denominándose ya mucho mejor sedimentología.

Paralelamente a cómo ha evolucionado el estudio de los depósitos sedimentarios, tiene lugar la investigación de los procesos –químicos y físicos– implicados. El análisis de los procesos de sedimentación se lleva a cabo tanto teórica como experimentalmente, y aplica conceptos de termodinámica, de química de soluciones y de mecánica de fluidos.

SELLEY, R.C. (1982, 20ª Ed.). “An Introduction to Sedimentology”. Academic Press, New York, 417 (1-3) pag.

Resulta difícil trazar la evolución histórica de la sedimentología. Razonablemente, entre los primeros que la practicaron deben contarse los mineros de la edad de piedra, que ya explotaban los niveles estratificados de sílex para fabricar artefactos de perdernal (Shotton, 1968). Después, el hombre civilizado ha conocido otras rocas de interés económico como el carbón y las piedras de construcción, así como su forma de presentarse en la corteza terrestre –según superficies planas–, lo cual permite predecir sus afloramientos. Se ha argumentado que la leyenda del “Vellocino” –siglo V a.C.–

sugiere el uso de sofisticados métodos de flotación para la extracción de oro aluvial (Barnes, 1973).

Del Renacimiento a la Revolución Industrial, hombres como Leonardo da Vinci, Hutton y Smith, establecen los cimientos de la geología sedimentaria moderna. Al finalizar el siglo XIX la doctrina del uniformismo está firmemente asentada en toda la geología. Los escritos de *Sorby (1853, 1908)* y *Lyell (1865)* muestra como los procesos actuales pueden ser usados para interpretar texturas y estructuras sedimentarias antiguas.

Nacimiento de la petrografía: minerales pesados

Durante la primera mitad del siglo XX, aún no se muestra la sedimentología como disciplina, tal como la entendemos en la actualidad. Las rocas sedimentarias sólo se consideran aptas para estudios microscópicos o como morada de fósiles. Durante este período los petrógrafos desarrollan el análisis de minerales pesados y el contador de puntos. Simultáneamente los estratígrafos amontonan fósiles y, en cuanto pueden, establecen zonas cada vez más refinadas hasta ser demasiado delgadas para contener cualquier tipo de fósiles.

Nacimiento de la sedimentología: influencia de la geología estructural y oceanografía

Curiosamente, en gran medida, la moderna sedimentología no ha nacido de la unión de la petrografía y la estratigrafía. Más bien, su desarrollo parece ser debido a la unión de la geología estructural y la oceanografía. Esta extraña evolución merece ser explicada. Los geólogos estructurales siempre han buscado criterios para distinguir los estratos en áreas tectonizadas, donde las secuencias pueden encontrarse normales o invertidas. Esto es de interés en la cartografía regional, para trazar pliegues tumbados y mantos. En este sentido, muchas estructuras sedimentarias resultan ideales, en concreto pueden citarse las grietas de desecación, los ripples y la estratificación cruzada. Este hecho llega su apoteosis con la publicación “*Secuencias en Rocas Estratificadas*” (Shrock, 1948).

A gran escala, concierne a los geólogos estructurales el vasto campo de los sedimentos, que presentan los surcos geosinclinales. Una buena estratigrafía es imprescindible para un análisis estructural válido. En consecuencia, es interesante señalar que no es ningún estratígrafo, si no *E. Bailey* –decano de los geólogos estructurales–, quien en 1930 escribe “Nueva luz sobre sedimentación y tectónica”. En dicha publicación establece la distinción entre estructuras sedimentarias de plataformas y las de cuencas profundas; asimismo, contiene el germen de la hipótesis de las corrientes de turbidez.

En los años 50 y principios de los 60 el concepto de flujo turbidítico rejuvenece el estudio de los sedimentos. Mientras los petrógrafos cuentan granos de circón y los estratígrafos recogen más fósiles, son los geólogos estructurales los que se preguntan: “¿Cómo depositan las delgadas secuencias de las facies flysch en los geosinclinales?”. Los oceanógrafos modernos apuntaron como un posible mecanismo las corrientes de turbidez. Ciertamente este concepto rejuveneció el estudio de las rocas sedimentarias; si bien, en su entusiasmo, los geólogos identificaron turbiditas en todos los tipos de facies.

Modelos sedimentarios: exploración de petróleo

Otro estímulo para la sedimentología viene de la industria del petróleo; su búsqueda en trampas estratigráficas da lugar a la explosión del estudio de los sedimentos modernos. El “Proyecto 51” del Instituto del Petróleo de América, es uno de los primeros frutos; se trata de un estudio multidisciplinar de sedimentos modernos del noroeste del Golfo de México (*Shephar et al., 1960*).

Este estudio de sedimentos modernos es seguido por otros muchos –tanto de compañías de petróleo, como de universidades e institutos oceanográficos–, hasta la obtención de datos rigurosos, válidos ya para interpretar las rocas sedimentarias antiguas por comparación con sus análogas modernas. De este modo, nace el concepto de modelo sedimentario y, como era de prever, se queda pequeño el número de ambientes sedimentarios en los que depositan facies sedimentarias características.

Consolidación de la sedimentología: procesos

En los años 60 la sedimentología ya se presenta firmemente establecida como una discreta disciplina, entre las ciencias de la tierra, y su principal tema de investigación es el conocimiento de los procesos sedimentarios. A partir del estudio de la forma de las capas, y de las estructuras deposicionales de los sedimentos recientes –tanto en el laboratorio como en el campo–, es posible interpretar de forma exacta el ambiente de las rocas sedimentarias antiguas (*Laporte, 1979; Selley, 1978; Reading, 1978*).

Renacimiento de la petrología: aspectos químicos

En los años 70 el énfasis en las investigaciones cambia gradualmente, desde el aspecto macroscópico y físico, al microscópico y químico. La mejora de las técnicas analíticas, y la aplicación de otras (catodoluminiscencia y microscopía electrónica de barrido) aportan nuevos datos, los cuales pueden ser interpretados con un mejor conocimiento de geoquímica.

Este renacimiento de la petrografía mejora el conocimiento de las relaciones entre diagénesis, fluidos de poro, y sus efectos en la evolución de la porosidad y permeabilidad de areniscas y carbonatos. Igualmente empezamos a entender las relaciones entre la diagénesis de los minerales arcillosos, y la maduración de la materia orgánica en las capas fuente de hidrocarburos.