

Problemática actual y futura de la Sedimentología en España⁽¹⁾

J. ROSELL

Ex-Vicepresidente de la International Association of Sedimentologists. Depto. de Geología. Universidad Autónoma de Barcelona

INTRODUCCIÓN

Analizar el momento actual de nuestro conocimiento en el campo de la Sedimentología y dar una visión futurista de temas prioritarios, vendrá marcado, sin duda, por un fuerte subjetivismo. Este subjetivismo se acentuará, además, por efectuar este análisis a través de un único prisma, el de los sedimentos terrígenos.

Sin entrar en particularidades de cual ha sido la causa de la vertiginosa evolución que en estos últimos años ha experimentado esta ciencia en nuestro país, y después de comentar muy rápidamente el ciclo de los sedimentos, aludiendo, en su momento, a aquellos temas de estudio a los que prioritariamente hemos dedicado nuestra atención estos últimos años, enumeraré algunas de las líneas de trabajo que a mi modesto entender, en un futuro inmediato, pueden ayudar a mantener este encomiable nivel alcanzado.

Así pues, para ello, dividiré esta exposición en tres partes: En la primera expondré unas condiciones generales sobre medios sedimentarios y sus modelos. En la segunda, insistiré, con un mayor detalle en el estudio de los «deltas» con una acepción muy amplia del término. Y en la tercera, concluiré señalando aquellas directrices hacia donde apunta el futuro de la investigación en el campo de la Sedimentología.

MEDIOS SEDIMENTARIOS

Os invito a seguir mentalmente el recorrido de unas partículas que desde lo alto de una montaña, donde se

han originado por fragmentación del roquedo, van a parar a una zona profunda del mar, donde se sedimentarán.

Este recorrido puede tener un símil comparable al seguido por un tren, desde que sale de la «estación de origen» hasta que llega a la «estación término», final de trayecto. Durante su recorrido para en apeaderos y estaciones; en los primeros menos tiempo que en los segundos.

Las partículas parten de la «estación de origen», de la montaña, impulsadas por un agente geológico externo, sedimentándose al pie de la misma dando lugar a depósitos de derrubios de pendiente. El hielo o el agua serán sus nuevos medios de transporte. El hielo de un glaciar puede acarrearlas y transportarlas hasta que, por el clima, deje de existir; allí sedimenta todo el material que transportaba. Si es el agua quien las acarrea las transportará a lo largo del canal de desagüe de un torrente hasta llegar a su desembocadura, donde, de nuevo, se pararán. Tanto los derrubios de pendiente, como las morrenas, en raras ocasiones, quedarán fosilizados. Su tiempo de «parada» será muy efímero. No así en algunos abanicos aluviales construídos en áreas tectónicamente activas. Aquí las partículas pueden sedimentar y quedar atrapadas. El abanico se ha convertido, anormalmente, en el «final de trayecto». Así ocurre en abanicos aluviales construídos en cuencas sedimentarias dominadas por procesos de tipo *rift*.

(1) Conferencia inaugural

No obstante, lo lógico es que nuestro tren prosiga su viaje. Que el abanico aluvial sea pasto de la erosión de un río y que nuestras partículas sean transportadas a lo largo de éste para sedimentar de nuevo en su desembocadura. Aquí construirán el delta. Se han parado en el delta, medio sedimentario, y no durante el trayecto, en el río, que es el medio de transporte.

Los deltas contruidos en cuencas tectónicamente activas de tipo *foreland basin* y *pull-apart*, por ejemplo, pueden quedar «atrapados» y convertirse, atípicamente en un «final de trayecto».

A pesar de ello, lo normal, será que el viaje de nuestras partículas prosiga. La gravedad las hará descender inexorablemente hasta el fondo del océano. El descenso se iniciará en el talud modelado en el frente deltaico y proseguirán a lo largo de un cañon submarino hasta alcanzar su «desembocadura» en la llanura abisal donde sedimentarán; habrán alcanzado la «estación término», «final de trayecto», un nuevo y definitivo medio sedimentario.

El potencial de preservación era prácticamente cero al partir de la «estación de origen» y, progresivamente, llega a ser infinito en la «estación término».

Las «paradas» que durante este trayecto sufren las partículas constituyen los distintos medios sedimentarios. Las verdaderas «paradas» son tres: los abanicos aluviales, los deltas y los abanicos profundos. En este mismo orden se efectúa la transacción de los sedimentos.

LOS MODELOS SEDIMENTARIOS

Las cuencas sedimentarias son el fruto del momento tectónico más la sedimentación. La tectónica, es, pues, en definitiva la causante de la evolución en el espacio y en el tiempo y finalmente de la preservación de los diferentes medios sedimentarios.

La distribución lateral y vertical de los diferentes medios sedimentarios permite establecer los múltiples modelos sedimentarios; los infinitos modelos sedimentarios, cada uno igual únicamente a sí mismo.

No obstante, imbuídos por una especie de fetichismo o dogmatismo, hay ciertos modelos publicados que se utilizan como «tipos». El dogmatismo, como siempre, es un freno a la evolución científica. Muchas veces se intenta forzar la realidad para que la cuenca en estudio se asemeje al patrón elegido. De este patrón de comparación, en multitud de ocasiones, se conoce tan solo lo publicado en una revista más o menos atrayente. Nunca es criticado, poco se duda de su perfección.

Es un vicio de todos conocido la facilidad con que se importan y asimilan modelos sedimentarios establecidos en otros países. La exportación es prácticamente nula. Los modelos basados en la Estratigrafía sísmica, hoy tan de moda, fueron esbozados en España antes de su publicación en las Memorias del la A.A.P.G. Posiblemente «nuestro» modelo era más tectosedimentario y menos sísmico, pero sin duda era más funcional para el geólogo de campo. Su trascendencia en el país, fue pequeñísima; en el extranjero, nula.

LOS DELTAS

Los modelos sedimentarios, salvo rarísimas excepciones, pueden agruparse en tres tipos. Estos tipos pueden calificarse con el término común de «deltas». Deltas contruidos en las desembocaduras de los torrentes (medio de transporte). Deltas (*sensu stricto*) de ríos (medio de transporte) dando lugar a la mayor parte de los medios de transición. Y deltas submarinos contruidos en las desembocaduras de los cañones submarinos (por él se transportan los flujos gravitacionales originados durante su excursión). Los dos primeros son dos «estaciones» que tienen gran probabilidad de convertirse en «final de trayecto» en cualquier momento de la evolución tectónica. El tercero es un verdadero «final de trayecto»; los sedimentos no pueden ya alcanzar áreas más profundas, han quedado inexorablemente atrapados. Los movimientos tectónicos, después de transformaciones más o menos intensas, los volverán a integrar a la montaña, su nuevo punto de partida.

Los abanicos aluviales

Es el tipo de sedimentos a los cuales se ha dedicado un mayor esfuerzo en nuestro país. Tres son las causas principales que, a mi entender, han inducido a ello:

- En la actualidad la mayor parte del régimen fluvial (*sensu lato*) de nuestro ríos es de funcionamiento torrencial, en especial los del litoral mediterráneo. La observación directa de los mecanismos de erosión, transporte y, especialmente, de sedimentación de los actuales son en gran parte la clave de interpretación de los «fósiles».
- Observando el mapa geológico de la Península Ibérica salta a la vista la gran extensión que ocupan las depresiones intramontañosas, áreas de sedimentación de los torrentes que drenan las cordilleras y a donde van a parar los productos de erosión y transporte: Depresión del Ebro, del Duero, del Tajo, del Guadalquivir, entre las más importantes por

su extensión y una gran cantidad de pequeñas cuencas ubicadas en fosas tectónicas entre las que caben citar las de Calatayud-Teruel, Vallés-Penedés y la de Guadix-Baza. Entre los sedimentos más antiguos hay que incluir en el mismo grupo las cuencas pérmicas y triásicas.

- Posiblemente un tercer factor por lo que se ha dedicado tal esfuerzo a estos tipos de deltas torrenciales es el interés económico que presentan (evaporitas, arcillas, lignitos, minerales radioactivos, acuíferos,...).

No obstante el haber alcanzado un buen grado de conocimiento en este tema, se conoce poco sobre las áreas de transición de estos sedimentos a otros, especialmente a los lacustres. Nada o casi nada se conoce sobre la sedimentación de turbiditas, en fondos lacustres, por destrucción y resedimentación de los materiales que formaban estos abanicos aluviales. Tema de gran interés por las reducidas dimensiones de los dispositivos sedimentarios, verdaderos modelos a escala, que quizás tendrían su aplicación a los modelos submarinos fósiles hoy todavía tan desconocidos.

Los deltas (*s. str.*)

Nuestra segunda parada es la zona de sedimentación de los ríos. En la desembocadura de los ríos se establece una lucha entre dos colosos: el río y el mar. Casi siempre pierde el río, lógicamente más débil.

Tan sólo en las partes más proximales de estos aparatos deltaicos, la sedimentación presenta características fluviales. Incluso en los deltas dominados por la acción fluvial existe siempre una clara influencia marina, especialmente en el frente del mismo, con abundantes retoques en la estratificación producidos por las corrientes de marea y el oleaje.

En los deltas con la típica forma de letra griega, los sedimentos han sido totalmente retrabajados por el oleaje imprimiéndoles las típicas características de la sedimentación por las olas, por otro lado tan poco conocida y confundida frecuentemente con la estratificación mareal.

La mayor parte de los sedimentos de los deltas dominados por las corrientes de marea, los estuarios, constituyen los depósitos mareales en el sentido más estricto.

Los depósitos deltaicos o materiales transportados por los ríos al mar y distribuidos por las corrientes de marea y por la acción del oleaje dan lugar a las plataformas siliciclásticas.

La parte distal de los aparatos deltaicos, concretamente el frente deltaico y el prodelta, por debajo de la acción del oleaje y mareas, se destruyen por deslizamientos gravitacionales de masas de sedimentos no consolidados. Estas masas de sedimentos, puestas en movimiento pueden evolucionar a suspensiones turbulentas. En los nichos de deslizamiento se originarán discordancias intraformacionales y la sedimentación del material puesto en suspensión originará una turbidita. Las tormentas, así mismo pueden ser la causa de removilización de los sedimentos del fondo, poniéndolos en suspensión y cuya sedimentación originará una tempestita. La removilización del fondo tractando el sedimento que la tormenta no es capaz de poner en suspensión da lugar a las típicas estratificaciones *hummocky*. Turbiditas ligadas directamente a la sedimentación del delta, tempestitas y areniscas con estratificación *hummocky*, pelitas bioturbadas y restos de esqueletos o conchas de organismos, constituyen las características más importantes de la sedimentación en esta parte distal de la plataforma.

Hay que señalar, además, que en esta área es donde se produce la sedimentación de las interesantes series condensadas, relativamente poco conocidas. En nuestro país tienen una gran importancia ya que gran parte de las acumulaciones de fosfatos de las series del Cámbrico y del Precámbrico se han originado por sedimentación en series condensadas.

Abanicos submarinos

La última parada de nuestro tren, el «final de trayecto» de nuestras partículas, es el abanico submarino. Este término, en la actualidad, debe ser utilizado en un sentido muy amplio, tal cual se usa el de delta.

La sedimentación en esta área da lugar a las series turbidíticas, pues se realiza predominantemente mediante suspensiones turbulentas más o menos concentradas.

La historia reciente sobre las turbiditas tiene su inicio en los modelos de *deep sea fan*, compuesto por un *canyon* alimentador, un aparato de distribución con canales y un área deposicional con los lóbulos. Hoy la validez de este modelo está frecuentemente cuestionada en la literatura geológica.

De este modelo, fijista, se ha pasado a uno más funcional y dinámico, actualmente de moda, controlado únicamente por mecanismos de bajadas y subidas del nivel del mar. Los materiales que componen sus series son el producto de la sedimentación en los momentos de bajadas fuertes del nivel del mar que comportan una intensa erosión subaérea y submarina. Ello produce una

transacción de sedimentos desde la plataforma a los fondos submarinos, de los «deltas» a los abanicos submarinos profundos.

En este modelo se distinguen tres tipos de turbiditas. Las del nivel del mar más bajo, coetáneas de la primera y más fuerte erosión de la plataforma, es decir de la excavación del *canyon*. Esto conlleva la conformación de áreas más o menos canalizadas en cuyo fondo se sedimentan tan sólo materiales residuales y en sus márgenes facies en su mayoría finas dando lugar a los depósitos de *levées*. Tanto los depósitos residuales como los de desbordamiento constituyen las facies típicas de *by passing* de todo el sistema. Y, además comporta finalmente la sedimentación en la boca de las áreas canaliformes de los materiales turbidíticos cuyos depósitos son equiparables a los lóbulos deposicionales de la concepción clásica. A esta turbiditas se las ha denominado de tipo I.

Al subir el nivel del mar se desplaza hacia tierra el área de sedimentación; se produce el relleno de las áreas deprimidas, cuya morfología se ha modelado anteriormente, por donde pasó la parte confinada de las corrientes. Constituyen las turbiditas de tipo II.

Y, finalmente, en los momentos de mar más alto, se sedimentan las turbiditas ligadas directamente a los sistemas deltaicos, a la plataforma. Poseen facies que se han calificado con el término sísmico de *channel levée* (posiblemente sus facies definidas en el campo escapan de la sísmica de mayor resolución). En realidad son las verdaderas facies de talud. Se las ha denominado de tipo III. Cabe preguntarse, no obstante, a la luz de este modelo sedimentario, si además de las subidas y bajadas del nivel del mar intervendría la tectónica.

La morfología de la cuenca es una consecuencia de la tectónica. A veces sus dimensiones escapan de nuestro espectro de observación aunque caiga dentro del campo de una cartografía a escala reducida. Los *canyons* se abren siguiendo directrices tectónicas, de fallas, que van rejugando con el tiempo. Dan lugar, muchas veces a una sucesión temporal de grandes *scours*. El momento de cada *scouring* daría lugar a un sistema turbidítico de tipo I. De la excavación de uno de estos *canyons* se obtendrá un sistema turbidítico; la erosión del mismo puede llegar a ser tan intensa que llegue a destruir por completo la plataforma sobre la cual se abrió inicialmente. A lo largo del *canyon* se transporta el material que éste tiene disponible y éste está sin duda en función de la tectónica.

Una serie turbidítica es pues consecuencia de las variaciones del nivel del mar, del momento tectónico y,

como mínimo, de un nuevo factor, la naturaleza del área fuente de los sedimentos.

Los sedimentos que se transportan a lo largo del *canyon* pueden ser también mezcla de los materiales erosionados de varias plataformas y, por tanto, el producto resedimentado procede de varias áreas fuentes. El sistema turbidítico que se originará tendrá características sedimentológicas diferentes según el tipo de delta que forma la plataforma que se destruirá (*fan delta*, delta conglomerático, arenoso, limolítico y/o pelítico). Además dentro de un mismo sistema turbidítico, a medida que la erosión regresiva vaya avanzando, la composición del área fuente variará y, por lo tanto, las facies del material resedimentado también.

En definitiva, pues, cabe asegurar que las formaciones turbidíticas son tan apasionantes como desconocidas. Al aplicar el principio del actualismo a estos tipos de sedimentos y comparar con los depositados en sistemas actuales se plantean serios problemas derivados esencialmente de la escala de observación y de la dificultad de observación directa de un cierto espesor de sedimentos actuales.

Las dimensiones de los *canyons* actuales, aplicadas a los fósiles, obliga a imaginar unas superficies erosionales a veces de tan grandes dimensiones que en la cartografía se reflejan a menudo como simples discordancias erosivas escapando totalmente de la observación directa. Las dimensiones de los canales actuales y de los canales de un sistema fósil, son del mismo orden? ¿Qué diferencia existe entre las facies que rellenan un canal y las que constituyen un lóbulo? Los dos, sin duda, pueden ser consecuencia de un proceso de sedimentación idéntico, en el que ha variado tan solo el área de sedimentación debido a la retrogradación del sistema: una en un fondo plano y más distal y la otra en depresiones excavadas con anterioridad y más proximales.

¿Y los sedimentos de facies de franja de lóbulo, están físicamente ligados a los lóbulos, o por el contrario corresponden a facies finas depositadas en un momento tectónico distinto?

¿Y el intervalo de hemipelagita tan característico de las facies de llanura abisal, es realmente un depósito de origen pelágico o bien se trata de un intervalo producto de la resedimentación de carbonato involucrado en la misma suspensión turbulenta?

Cambiando de escala, uno de los mayores problemas actualmente planteados deriva de la aplicación de la estratigrafía sísmica al análisis de cuencas turbidíticas. Los límites de sistemas turbidíticos diferentes, correspondientes a secuencias deposicionales distintas son

realmente difíciles de establecer. Este problema se agrava cuando se desconoce la plataforma que se destruyó para su formación. Aquí no basta la simple cartografía, es necesario realizar un estudio de facies, de petrología sedimentaria y de dataciones a pesar de las limitaciones que esta técnica presenta actualmente.

La importancia de estos sedimentos en nuestro subsuelo es obvia al observar el mapa geológico de la Península Ibérica. A excepción de los amplios manchones que representan las depresiones terciarias cuya sedimentación es controlada por *aluvial fans*, una gran parte del resto de sedimentos, de todas las edades, desde el Precámbrico al Mioceno, son turbidíticos. Existen abundantes cuencas turbidíticas, bien afloradas, de las cuales poco conocemos a pesar de tener un enorme in-

terés económico (yacimientos de hidrocarburos, series vulcanosedimentarias con acumulaciones de sulfuros, resedimentación de fosfatos, etc.).

CONCLUSIÓN

Como conclusión a lo anteriormente expuesto caben señalar tres líneas de investigación que a mi modo de ver son preferentes para el próximo futuro:

- Las turbiditas lacustres relacionadas con sistemas de abanicos aluviales.
- La parte distal de las plataformas siliciclásticas por debajo de la acción del oleaje y mareas.
- Y, finalmente, los sistemas turbidíticos profundos.