

DIVISIÓN DE UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS EN EL ANÁLISIS DE CUENCAS (INTRODUCCIÓN)

J.A.Vera (*)

(*) Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad, 18071.- GRANADA.

RESUMEN

En esta introducción se realiza la presentación del volumen monográfico de esta revista dedicado a los criterios de división de unidades estratigráficas en el análisis de cuencas. Se hacen unas reflexiones iniciales sobre el cambio de objetivos y métodos que se ha producido prácticamente desde la publicación en 1977 del libro de *Estratigrafía sísmica* (Payton, 1977) y el consiguiente desarrollo de la Estratigrafía secuencial y la Estratigrafía de eventos. Este cambio consiste en la búsqueda de criterios de división basados en eventos alocíclicos (cambios climáticos, cambios eustáticos, eventos tectónicos, etc) que hayan afectado a la totalidad de la cuenca, o incluso a nivel mundial. De esta manera se pretende obtener unidades estratigráficas muy objetivas y operativas, y de mayor utilidad que las clásicas unidades litoestratigráficas y cronoestratigráficas.

A continuación se justifica la distribución de los trabajos en este volumen y se hace una breve presentación de cada uno de ellos. Finalmente se hacen unas reflexiones sobre la utilidad de disponer de una nomenclatura clara de uso generalizado y como consecuencia se justifica la inclusión de un glosario de términos español-inglés consensuado por todos los autores.

Palabras clave: Análisis de cuencas, unidades estratigráficas, Estratigrafía secuencial, Estratigrafía de eventos, discontinuidades.

ABSTRACT

This paper is a general introduction to this monographic edition of *Revista de la Sociedad Geológica de España*, devoted to the criteria that should be applied to the division of units in basin analysis. Some initial comments are made about the changes in objectives and methods that have occurred since the publication of *Seismic Stratigraphy* (Payton, 1977) and the subsequent development of sequence stratigraphy and event stratigraphy. The change consists principally in the search for criteria to identify divisions based on allocyclic events (climatic and eustatic changes, tectonic events, etc.) which have affected the whole of the basin or even occurred on a worldwide scale. The intention is to arrive at stratigraphic units which are very objective and of much greater use than the traditional lithostratigraphic and chronostratigraphic units.

The order in which the papers in this edition appear is explained and a brief introduction to each is given. Finally some comments are made on the need for a clear, generally accepted nomenclature in this field, which is provided for by the inclusion of a Spanish-English glossary of terms agreed upon by all of the authors in this edition.

Key words: Basin analysis, stratigraphic units, sequence stratigraphy, event stratigraphy, discontinuities.

Vera, J.A. (1989): División de unidades estratigráficas en el análisis de cuencas (Introducción). *Rev. Soc. Geol. España*, 2:169-176.

Vera, J.A. (1989): Stratigraphic unit division in Basin Analysis (Introduction). *Rev. Soc. Geol. España*, 2:169-176.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el II Congreso Geológico de España, celebrado en Granada en junio-julio de 1988, organizado por la Sociedad Geológica de España, tuvo lugar un Simposio sobre Nuevas Tendencias en el Análisis de Cuencas. A él se presentaron un total de 18 trabajos, cuyos textos completos fueron publicados en el volumen monográfico dedicado a los simposios, de dicho congreso (SGE, 1988), el cual ha sido reeditado y puesto a la venta por el IGME.

El simposio terminó con una mesa redonda con la participación muy activa de la mayoría de los ponentes y de numerosos asistentes (no ponentes) en la que se discutió, ampliamente y en tono muy cordial, sobre estas tendencias actuales del análisis de cuencas. Se debatió especialmente sobre el interés que presentan las nuevas tendencias que en la actualidad se van implantando para subdividir los materiales que rellenan una cuenca sedimentaria en unidades eminentemente genéticas, como las secuencias deposicionales (Mitchum *et al.*, 1977) y/o unidades tectosedimentarias (Garrido-Megías, 1973; Megías, 1982). Se destacó el gran interés de estas unidades, ya que permiten establecer correlaciones muy precisas; al mismo tiempo se consideraron las limitaciones que éstas presentan, ya que son unidades que se pueden utilizar en trabajos de síntesis de una cuenca, mientras que difícilmente se pueden utilizar, de modo correcto, en trabajos previos. En la discusión se abordaron los aspectos más doctrinales y controvertidos del análisis de cuencas, como la posible isocronía de los eventos tectónicos, la amplitud y posible isocronía de los cambios relativos del nivel del mar, la posible isocronía de los eventos climáticos y químicos, etc. En definitiva se centró la discusión en la existencia, o no, de fenómenos alocíclicos que afecten a toda una cuenca (muchos de ellos de escala global) y que puedan ser reconocidos en las series estratigráficas y, por tanto, ser utilizados como criterios precisos de separación de unidades estratigráficas limitadas por dichos eventos, y en consecuencia como criterios de correlación a escala de cuenca o incluso a escala global. Tras varias horas de discusión se consideró que los trabajos presentados al simposio, pese a ser muy interesantes, no respondían globalmente a las cuestiones planteadas en la mesa redonda, ya que se trataba de trabajos en los que se abordaban, desde diversos puntos de vista y metodologías, temas del análisis de cuencas, algunos de máxima actualidad, pero en su mayoría aplicados a casos concretos; se constató, como es frecuente en las publicaciones recientes sobre el tema, una excesiva diversidad en la nomenclatura ocasionada, al menos en parte, por la utilización de traducciones muy diferentes de términos ingleses. En definitiva se echó de menos una publicación en lengua española que abordase de una manera coordinada todas estas cuestiones y en la que se intentase una unificación de la nomenclatura. Como consecuencia de ello se acordó proponer a la Sociedad Geológica de España (SGE) la realización de una publicación monográfica sobre el tema

en la que tratasen todos estos aspectos. La propuesta fue aceptada por la Asamblea de la Sociedad celebrada el 1 de julio de 1988, durante el mismo congreso, en Granada. Este volumen monográfico de la revista es la respuesta a dicha propuesta y el fruto del trabajo intenso y entusiasta de un grupo de miembros de la SGE que han dedicado durante más de un año una parte (en algunos casos muy importante) de su tiempo a este interesante proyecto.

La metodología de trabajo y el calendario de actuación, que se han seguido para la elaboración de este volumen monográfico, han sido las siguientes:

En la fase inicial, en el propio congreso de Granada (julio 1988), se nombraron por la Asamblea de la SGE dos coordinadores (C. Puigdefábregas y J.A. Vera) cuya misión era la de poner en práctica la idea, elaborar un guión-temario previo, contactar con los posibles autores y hacer la propuesta definitiva a la Sociedad Geológica de España (SGE), para su aceptación y, en su caso, difusión del proyecto para general conocimiento. Al mismo tiempo se nombraba editor científico de este número al firmante (J.A. Vera) que a su vez acababa de ser elegido Editor Principal de la Sociedad para los próximos cuatro años. En la siguiente asamblea de la SGE, celebrada en Oviedo el 21 de octubre de 1988, se presentó el programa de actuación elaborado por los coordinadores y la distribución provisional de trabajos (ver GEOGACETA, 5, pag. 117). Ambas propuestas fueron aprobadas por la asamblea y se acordó reservar el número 3-4 de 1989 de la **Revista de la Sociedad Geológica de España** para esta publicación con la obligación ineludible de ser publicado antes de final de 1989. Se abrió un plazo para presentar ofertas de posibles nuevos autores y/o nuevos temas, que pudieran completar el temario provisional del volumen, a la vez que se convocaba a todas las personas interesadas a una reunión previa para establecer el plan de trabajo definitivo. El día 15 de diciembre se celebró dicha reunión, en los locales del Servei Geologic de Catalunya, en Barcelona, y en la misma se aceptaron todas las nuevas propuestas de autores y temas con lo que se fijó el programa de trabajo definitivo. Igualmente se planteó una metodología de trabajo coordinado con la creación de un fondo bibliográfico de uso común y se acordaron las premisas fundamentales acerca del glosario y del uso de ciertos términos. A partir de esta fecha ha existido comunicación continua entre el editor y los ponentes, mediante la cual éstos han recibido, por parte del editor, normas muy detalladas para la elaboración y presentación de los trabajos, textos provisionales sucesivos del glosario, listados actualizados de citas bibliográficas de los trabajos disponibles en el fondo creado al efecto y, como no, recordatorios continuos sobre la necesidad de cumplir la fecha de entrega.

Los trabajos fueron entregados al editor a finales de junio de 1989 el cual, tras los retoques de uniformización puramente técnicos, y en cumplimiento de la normativa previamente establecida, los distribuyó entre los demás autores, ya que se había acordado que todos los autores dispusieran durante dos meses de los textos pre-

vios de los demás trabajos y actuasen de revisores de los mismos, para posteriormente tener una reunión dedicada a la discusión de los temas más conflictivos de cada trabajo tanto doctrinales como de nomenclatura, y para la elaboración definitiva del glosario previamente distribuido en sucesivas ediciones, cada vez más completas. No todos los autores pudieron cumplir el plazo, como hubiese sido el deseo del firmante, pero dicho plazo era improrrogable debido a la fecha límite de entrega de los trabajos establecida por la imprenta, para garantizar la publicación del volumen en la fecha de su cabecera, sin demoras, compromiso adquirido por la Sociedad Geológica de España en todas sus publicaciones. Consta al firmante, como editor del volumen, que varios de los ponentes que no entregaron sus trabajos (y que por tanto no figuran en este volumen) habían realizado, en la fecha de entrega, una gran parte del mismo, no habiendo dispuesto del tiempo necesario para su finalización.

Durante los días 12 y 13 de septiembre de 1989 se tuvieron, en los locales de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona, unas jornadas de intenso trabajo por parte de los ponentes y el editor. En ellas se discutieron los aspectos doctrinales más conflictivos de cada uno de los trabajos, a partir de las propuestas que llevaban los demás ponentes en su calidad de revisores. Las discrepancias entre los diferentes autores en unos casos eran debidas a que en los textos había párrafos confusos, los cuales fueron modificados por los autores. En otros casos se trataba de concepciones contrapuestas que motivaron interesantes discusiones; al respecto se acordó publicar a continuación de cada trabajo las observaciones de otros ponentes y las contestaciones de los autores, ya que con ello se enriquecerá el volumen.

Una parte del tiempo de la reunión se dedicó a discutir la conveniencia o no de que las unidades genéticas, tales como secuencias deposicionales o unidades tectosedimentarias, sean utilizadas en las leyendas de los mapas geológicos. En este sentido se coincidió en considerar que estas unidades son propias de trabajos de síntesis de una cuenca en su conjunto y que la propuesta de división en este tipo de unidades se puede hacer de manera más correcta, cuando se tiene un mayor grado de conocimiento del conjunto de la misma tanto con datos de superficie como de subsuelo.

Igualmente, en la citada reunión, se dedicó una buena parte del tiempo a la discusión de los términos más conflictivos, o de aceptación menos general, de cuantos figuraban en las sucesivas ediciones del glosario. Se llegó a un acuerdo sobre los términos en castellano a utilizar como traducción a los nuevos términos ingleses introducidos en la nomenclatura estratigráfica en los últimos años. Los autores dispusieron de las tres semanas siguientes a la reunión de Barcelona para modificar los textos de sus trabajos, introduciendo las correcciones y modificaciones propuestas por los revisores y para unificar la nomenclatura con la acordada en dicha reunión. A partir de este momento se inició el montaje y la impresión del volumen, efectuada en un

tiempo record, gracias al esfuerzo de los autores al entregar sus textos definitivos en disquete de ordenador, normalizado para el paso a la fotocomposición, y de la rapidez en la corrección de las pruebas de imprenta por parte de los autores.

2. EL ANÁLISIS DE CUENCAS

El análisis de cuencas es el objetivo final de la investigación estratigráfica. Corrales *et al.* (1977) lo definen como 'el estudio de las características estratigráficas de los materiales que llenan un cuenca sedimentaria, atendiendo de forma especial a la evolución, en el espacio y el tiempo, de las diferentes unidades estratigráficas que en ella puedan diferenciarse'. Los mismos autores añaden que este estudio hay que hacerlo considerando los factores tectónicos que afectan tanto a la cuenca como a las áreas circundantes. Desde la fecha de esta definición los objetivos del análisis de cuencas se mantienen prácticamente iguales, con la única modificación de insistir más en los aspectos genéticos y las causas que los controlan; sin embargo los métodos que se emplean para ello han sufrido modificaciones muy notables, y las unidades estratigráficas que se pretenden diferenciar, en la actualidad, no son las mismas. En efecto hasta aquella fecha el objetivo prioritario del análisis de cuencas consistía en delimitar unidades litoestratigráficas, ver su distribución espacial y su equivalencia con unidades cronoestratigráficas, y elaborar mapas de facies e isopacas para cada intervalo cronoestratigráfico distinguible. El mismo año se publica el libro de Estratigrafía sísmica (Payton, editor, 1977) que va a marcar un nuevo enfoque en el análisis de cuencas.

Previamente a esta fecha se habían planteado algunos métodos encaminados a diferenciar unidades estratigráficas, eminentemente genéticas, dentro de las cuencas sedimentarias, delimitadas por criterios estratigráficos objetivos, reflejo de eventos tectónicos eustáticos o climáticos que afecten a la totalidad de la cuenca. Ya Stille (1924) había planteado una hipótesis sobre la isocronía de los eventos tectónicos de escala más o menos global. Estas ideas fueron objeto de notables discusiones y en gran parte han sido rebatidas, o al menos matizadas, con argumentos diferentes. En una etapa más reciente varios autores han planteado diversos métodos de estudio de los materiales que rellenan una cuenca con el fin de hacer divisiones eminentemente genéticas. Se pueden destacar a Lombard (1956) como el pionero del análisis secuencial, a Delfaud (1972, 1974) quien aplica una nueva concepción más dinámica del propio análisis secuencial, a Garrido-Megías (1973) que introduce el análisis tectosedimentario y a Chang (1975) quien define las unidades limitadas por discontinuidades (sintemas), las cuales son consideradas, aunque de manera poco explícita, en la Guía Estratigráfica Internacional. Durante el mismo intervalo de tiempo se desarrollaron los primeros diez años del proyecto de sondeos oceánicos (DSDP). Este proyecto suministró resultados (ver p.ej. Warme *et al.*, 1982; y las publicacio-

nes monográficas del propio DSDP) muy valiosos para la interpretación de márgenes continentales y cuencas sedimentarias antiguas, a la vez que permitió constatar, de manera muy clara, la gran importancia de los trabajos interdisciplinarios (litoestratigráficos, paleontológicos, geoquímicos, geofísicos, etc) en el estudio integral de una cuenca.

La publicación del libro de **Estratigrafía sísmica** (Payton, 1977) y su rápida difusión constituye realmente el punto de partida de esta nueva metodología del análisis de cuencas. En dicho libro se plantean los fundamentos para la diferenciación de cuerpos sedimentarios delimitados por discontinuidades en perfiles sísmicos. Igualmente se plantea la manera de deducir, a partir de ellos, las curvas de cambios relativos del nivel del mar. Inmediatamente se considera, por diferentes autores, la posibilidad de aplicar la misma metodología a estudios sobre el terreno, previa reconstrucción de la geometría originaria de las capas, y con ello poder delimitar secuencias deposicionales (Mitchum *et al.*, 1977), unidades definidas en dicho libro. Las sucesivas publicaciones del equipo de Vail (Vail *et al.*, 1977, 1984, 1987; Hardenbol *et al.*, 1981; Van Wagoner *et al.*, 1987; Vail, 1987; Haq *et al.*, 1987, 1988, etc.) en las que se van proponiendo curvas de cambios relativos del nivel del mar, cada vez más completas, y se van complementando las metodologías de estudio de los materiales en márgenes continentales, tienen un alto grado de aceptación. Se plantea paralelamente la posibilidad de utilizar metodologías similares, incluso nomenclaturas análogas, en el estudio de cuencas sedimentarias actualmente emergidas y deformadas. Entre estos trabajos se puede destacar, por su incidencia en nuestro entorno, el trabajo de Megías (1982) en el que define las unidades tectosedimentarias y plantea las bases para la aplicación de las mismas en el análisis de cuencas. A nivel mundial se plantean nuevas unidades que pretender ser subdivisiones más objetivas y genéticas que las unidades estratigráficas clásicas. Entre ellas se tienen: las Secuencias Estratigráficas Genéticas de Galloway (1989a,b) y los *Punctuated Aggradational Cycles* de Goodwin y Anderson (1985). En el código norteamericano de nomenclatura estratigráfica (NASG, 1983), se incluyen las unidades aloestratigráficas, como unidades limitadas por discontinuidades.

En los trabajos que se incluyen en este volumen se analizan estos conceptos doctrinales, se comparan cada uno de ellos mostrando sus analogías y diferencias, se recomienda el uso preferente de algunos, y en definitiva se hace un planteamiento global de los aspectos más actuales del análisis de cuencas. En la mayoría de ellos se acompañan ejemplos de aplicación real a diferentes tipos de materiales (continentales, costeros, marinos someros, pelágicos, etc) y diferentes edades.

3. CRITERIOS DE DIVISIÓN DE UNIDADES

Los criterios de división de unidades estratigráficas en el estudio de las cuencas sedimentarias son aque-

llos que se reconozcan de manera más clara en las series estratigráficas y que constituyan el reflejo de eventos aloclínicos que afecten a la cuenca en su totalidad. Estos criterios permiten correlaciones de larga distancia y bastante precisión. Desde el punto de vista teórico podrían ser criterios de escala mundial siempre que sean el reflejo de eventos globales que queden representados en todos los medios sedimentarios. En la práctica presentan dificultades debidas a las siguientes causas: 1.- A la escala de los eventos, que no siempre es global, sino que puede ser regional o incluso local. 2.- A la desigual representación según los medios, como es el caso de eventos que solo quedan reflejados en los medios marinos cercanos a las costas. 3.- Las propias dificultades que implica el reconocimiento del efecto de los eventos en las series estratigráficas al tener estas un registro sedimentario discontinuo. 4.- Las dificultades relacionadas con la falta de criterios de datación (paleontológica y/o radiométrica) que impiden situar en el tiempo, con precisión, los eventos.

Los eventos, o acontecimientos, que condicionan la evolución de una cuenca y que pueden quedar reflejados en las series estratigráficas de los materiales de su relleno son:

1. Eventos biológicos.- Son los acontecimientos que causan los cambios detectados en el registro fósil, tanto ligados a fenómenos evolutivos normales (aparición y extinción de especies), como a otros más excepcionales (extinciones en masa). Especial interés tienen los biohorizontes de primera aparición y última presencia de los fósiles de evolución más rápida (fósiles estratigráficos, Babin 1987), ya que ellos permiten precisar mejor la edad. Estos eventos constituyen la principal argumentación para la división en unidades cronoestratigráficas clásicas.

2. Eventos tectónicos.- Se incluyen en ellos tanto los movimientos verticales (levantamientos epirogénicos y subsidencia), como los de componente horizontal (fases de plegamiento, fracturación, cabalgamiento, etc.). Todos estos movimientos pueden quedar reflejados en los materiales que rellenan una cuenca sedimentaria, bien en el borde con discordancias sintectónicas (Megías, 1982; González *et al.*, 1988), bien en su interior con discontinuidades generalizadas (p.ej. García-Hernández *et al.*, 1988) o por rupturas (González *et al.*, 1988). Especial interés tienen los movimientos de expansión de los océanos, y más concretamente las variaciones de volumen producidas entre el crecimiento de las dorsales y la separación de los continentes, lo que puede ser la causa fundamental de los cambios eustáticos. Se consideran de máxima importancia tanto en la división de unidades a escala mundial controladas por las fluctuaciones eustáticas como para divisiones a la escala de la cuenca sedimentaria.

3. Eventos climáticos.- Son responsables de cambios litológicos de gran extensión y marcada isocronía. Especial interés han tenido en los últimos años los trabajos referidos a los cambios climáticos inducidos por factores astronómicos (Imbrie e Imbrie, 1980; Berger *et al.*, 1984; Covey, 1985) que se reflejan en ritmos de

escala métrica (Fischer, 1986) especialmente bien conocidos en el Cuaternario (Bradley, 1985), aunque también lo son en materiales más antiguos (Einsele y Seilacher, 1982).

4. Eventos magnéticos.- Son todos aquellos cambios en el campo magnético terrestre que puedan ser detectados en las series estratigráficas y que, por tanto, puedan servir de criterio de correlación preciso (Lowrie, 1989). El North American Stratigraphic Code, (NASC, 1983) establece varios tipos de unidades magnetoestratigráficas según los aspectos magnéticos que se consideren (polaridad, intensidad, posición, variación secular) en los materiales estratificados.

5.- Eventos químicos.- Bajo este nombre se reúnen a todos los acontecimientos que producen cambios generalizados en los elementos traza (Fe, Mg, Sr, Na, Ir, etc) y en isótopos ligeros (^{13}C y ^{18}O) detectados en las series estratigráficas, en especial en materiales pelágicos. Estos eventos en gran parte están inducidos por otros de tipo climático, tectónico, cósmico, etc. que causan modificaciones en la composición de las aguas oceánicas. En otros casos están relacionados con una acción combinada de varios de los eventos anteriores que conlleve la modificación de la circulación de las aguas en los océanos.

6. Eventos sedimentarios.- Consisten en cambios bruscos en el volumen o en la naturaleza de los aportes sedimentarios que llegan a una cuenca y que pueden producir los cambios litoestratigráficos, de gran escala, más significativos, detectables tanto en el terreno como en sismica de reflexión. A menor escala los cambios en el régimen de corrientes y procedencia de los aportes pueden ser los responsables de los depósitos de capas de turbiditas (y facies afines) y de tempestitas. La mayoría de los eventos sedimentarios, de ambas escalas, son debidos (o al menos iniciados) a otros efectos tales como tectónicos, climáticos, etc.

7. Eventos volcánicos.- Se denominan así a los fenómenos de explosión volcánica que pueden dar niveles piroclásticos que se intercalan en las series estratigráficas, tanto marinas como continentales. Estos niveles (p.ej. capas de bentonita) pueden alcanzar grandes extensiones y constituir un excelente criterio de correlación estratigráfica.

8. Eventos cósmicos.- En los últimos diez años han sido muy numerosos los artículos y libros dedicados a los posibles efectos de impactos de meteoritos (u otro tipo de bólidos) sobre la tierra. Se han reconocido niveles con anomalías geoquímicas notables e interpretados (aunque de manera discutida) como niveles de impacto, en especial en los límites Cretácico-Terciario (Hsü, 1989) y Eoceno-Oligoceno (Ganapathy, 1982; Pomerol y Premoli-Silva, 1986).

Muchos de estos eventos actúan coordinadamente debido a tener causas comunes. Cuando esto ocurre quedan especialmente reflejados en las series estratigráficas, aunque en cada caso concreto es difícil deducir cual es la causa fundamental, o sea, el evento dominante. Este es el caso de los cambios relativos del nivel del mar que pueden estar ocasionados fundamental-

mente por eventos tectónicos y/o climáticos, pero que inducen cambios biológicos, químicos y sedimentarios. Los trabajos publicados sobre este tema en los últimos años son muy abundantes (Fischer y Arthur, 1977; Payton, 1977; Sloss, 1978; Matthews, 1984; Seibold y Meulenkamp, 1984; Wilgus *et al.*, 1988; entre otros) y en ellos se valora la posible incidencia de los mismos a nivel mundial. En efecto muchos de estos eventos dan lugar a discontinuidades sedimentarias o límites de secuencias deposicionales de escala mundial (Parkinson y Summerhayes, 1985; Haq *et al.*, 1987). La relación entre los cambios paleomagnéticos y los otros eventos son objeto de discusiones con posturas muy contrapuestas, ya que el propio origen de los cambios del campo magnético aun están en el terreno de las hipótesis. Por su parte los eventos cósmicos son considerados por el momento, por la mayoría de los autores, como eventos no cíclicos, y su relación con otros eventos es muy difícil de valorar, aunque algunos autores los han llegado a considerar los causantes de los grandes eventos compuestos.

La duración y frecuencia de los eventos son extraordinariamente cambiantes. En cuanto a la duración (Pomerol *et al.*, 1987) hay cambios desde eventos casi instantáneos (p.ej. impacto de un meteorito, formación de una lámina, etc.), a eventos de duración corta (horas, como las turbiditas; días como los niveles piroclásticos; un año: varvas), a los de mediana duración (1.000 a 100.000 años) inversiones magnéticas, transgresiones, regresiones, y a los de larga duración (del orden del millón de años) modificaciones isotópicas, extinciones, cambios climáticos, etc. En cuanto a la frecuencia, o período de recurrencia en los eventos cíclicos, igualmente hay fuertes variaciones desde los eventos que se repiten anualmente (varvas), los que lo hacen cada decena o centena de años (tempestitas, turbiditas, erupciones volcánicas, etc), los que varían de 20.000 a 100.000 (ciclos climáticos de Milankovitch), a los que son de la escala del millón, o más, de años (inversiones magnéticas, biohorizontes, caída de grandes meteoritos, etc).

Especial interés, en el análisis de cuencas, tienen los eventos de corta duración, siempre que queden claramente reflejados en las series estratigráficas, ya que permiten mayores precisiones en la correlación. En cuanto a la frecuencia, desde el punto de vista teórico serían más interesantes los de corta frecuencia, por permitir correlaciones muy precisas; sin embargo, en la práctica hay un límite a partir del cual es muy difícil reconocer niveles concretos de eventos de muy corta frecuencia. En el estado actual de conocimientos los ciclos de Milankovitch constituyen, prácticamente, el límite inferior de frecuencia de eventos que puedan ser reconocidos y utilizados como criterios de correlación precisa. Sólo con carácter local y muy excepcional se pueden reconocer y utilizar como criterio de correlación, al menos a nivel de cuenca, eventos de menor frecuencia.

Diversas técnicas se han desarrollado en los últimos decenios encaminadas al reconocimiento más correcto de los límites de unidades estratigráficas en el

análisis de cuencas. Especial interés han tenido las técnicas de sísmica de reflexión, que permiten reconocer la geometría de los cuerpos sedimentarios y de sus relaciones espaciales, con gran claridad, y cuya información ha constituido la base de la rama de la Geología denominada Estratigrafía sísmica. De un modo menos notable, pero igualmente interesante, ha contribuido otra técnica del subsuelo, las diagráfias, complementaria de los sondeos y que permite también precisar la ubicación de límites de unidades estratigráficas. Por otra parte el desarrollo de las técnicas de paleomagnetismo, de geoquímica sedimentaria, etc, junto con el perfeccionamiento de las técnicas bioestratigráficas, litoestratigráficas, sedimentológicas, etc. han contribuido a que el reconocimiento de los límites de unidades sea cada vez más correcto y objetivo.

4. CONTENIDO DEL VOLUMEN

Los trabajos que se incluyen en este volumen se han ordenado de manera que en primer lugar figuren los de aspectos más doctrinales, a continuación los que se refieren preferentemente a aspectos metodológicos y finalmente los que tratan sobre la aplicación a temas concretos (áreas o tipos de materiales). Finalmente se incluye el glosario con entrada de términos en español e inglés.

El trabajo de **S.Reguant** se dedica a la revisión de las diversas normativas nacionales e internacionales sobre nomenclatura estratigráfica, tema que conoce bien al ser el representante español en la ISSC (*International Subcommission on Stratigraphic Classification*) de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS). Especial atención dedica al estudio comparativo entre las unidades definidas en la Guía Estratigráfica Internacional, publicado en 1976 (edición española) (GEI, 1980) y el Código Norteamericano de Nomenclatura Estratigráfica (NASC, 1983).

El siguiente trabajo de **O.Riba** se dedica con carácter monográfico a la comparación de los conceptos de secuencia deposicional (Mitchum *et al.*, 1977) y de unidad tectosedimentaria (Garrido-Megías, 1973; Megías, 1982), como las dos unidades más utilizadas, en nuestro entorno, en la división de los materiales que rellenan una cuenca sedimentaria a partir de eventos. El autor llega a la conclusión de que a pesar de la similitud conceptual entre ambas unidades la realidad de su uso las hace diferentes.

El artículo de **G.Pardo, A.González y J.Villena** es una puesta al día, ampliado y completado, del que presentaron en el simposio sobre Nuevas tendencias sobre el Análisis de Cuencas (González *et al.*, 1988). En él se abordan los conceptos de rupturas sedimentarias, estableciéndose cinco tipos, y el de unidad tectosedimentaria, UTS de Megías (1982). Dentro de las UTS establecen varios tipos: UTS elemental o compleja y UTS fundamental elemental o cíclica. Terminan el trabajo haciendo unas consideraciones prácticas sobre la metodología del análisis tectosedimentario, tras aplicarlo

a los materiales terciarios de la Depresión del Ebro y de las cubetas ibéricas.

En el trabajo de **P.Santanach** se plantean, desde el punto de vista de un tectónico, diferentes cuestiones, tales como: la isocronía o no de los eventos tectónicos, la escala de los mismos y, en consecuencia, la posible aplicabilidad del análisis secuencial a la correlación estratigráfica. Se analizan de manera separada las cuencas endorreicas (intraplaca, con nivel de base propio) de las cuencas de márgenes continentales del mar mundial afectadas por los cambios eustáticos.

En el siguiente artículo, cuya autora es **A.Linares**, se abordan los aspectos generales de los procesos de extinción puestos de manifiesto en los fósiles a lo largo del tiempo geológico. Se subraya la importancia de las extinciones en masa desde el punto de vista evolutivo y de su posible valor cronoestratigráfico, como criterio de correlación a escala global. Se presta especial atención a estudiar la posible interrelación entre las extinciones en masa y los diferentes fenómenos alocíclicos (cambios climáticos, eustáticos, impactos de bólidos, etc) que han afectado al conjunto de la Tierra.

El trabajo de **J.Serra-Kiel y C.Martín-Closas** aborda la interrelación entre los bioeventos y las secuencias deposicionales. Mas concretamente, en él se estudian para dos casos concretos, esta interrelación entre los cambios secuenciales y la evolución biológica. Los ejemplos son uno en Nummulites del Eoceno y el otro en carófitas del Cretácico. Los autores analizan la relación entre los procesos transgresivos y los procesos de especiación, así como la existente entre los procesos de extinción y los cambios de circulación de las aguas marinas y los cambios ecológicos.

El artículo de **B.Alonso, M.Farrán y A.Maldonado** es fundamentalmente metodológico y se dedica a la estratigrafía sísmica de alta resolución en la delimitación de secuencias deposicionales en los materiales del Cuaternario. Analizan los diferentes tipos de cortejos sedimentarios que se pueden formar en relación los cambios climáticos y eustáticos producidos durante el Cuaternario. Consideran que esta metodología facilita el reconocimiento de ciclos de variación del nivel del mar de alta frecuencia que permiten correlaciones de alta precisión.

El trabajo de **M.J.Jurado** es igualmente metodológico y se dedica a las técnicas de subsuelo. En él se aborda con carácter monográfico la aplicación de las diagráfias en el estudio de la series sedimentarias y en el análisis de cuencas. La autora considera que las diagráfias, en especial coordinadas con las técnicas de observación en el campo, constituyen una excelente herramienta para reconstruir la geometría tridimensional de las unidades estratigráficas, y, en definitiva, en el análisis de cuencas.

En el trabajo de **A.García, M.Segura, A.Calonge y B.Carenas** se aplica el análisis secuencial a materiales marinos someros de un intervalo de tiempo definido (Albiense-Cenomaniense) y de una región igualmente acotada (Cordillera Ibérica). A partir de correlaciones detalladas se reconstruye la geometría original de las

unidades estratigráficas y se aplican criterios de diferenciación análogos a los que se utilizan en la interpretación de perfiles sísmicos. Con ello se llega a una nueva clasificación estratigráfica, en **unidades cicloestratigráficas**, que según los autores mejora en fiabilidad y precisión a la utilizadas anteriormente basadas en unidades lito-, bio- y cronoestratigráficas.

En el artículo de **J.A.Vera** se trata con carácter monográfico sobre la diferenciación de unidades estratigráficas en materiales pelágicos, en dos niveles. El primero de ellos consiste en reconocer en los materiales pelágicos las unidades diferenciadas en el borde de la cuenca (secuencias deposicionales); para ello se localizan las discontinuidades reconocibles en umbrales pelágicos, así como las superficies de conformidad correlativas de las discontinuidades de los bordes de la cuenca. El otro nivel consiste en el reconocimiento de unidades de corta duración (menos de 100.000 años) que permitan hacer correlaciones de alta precisión; para ello es deseable la utilización conjunta de todos los criterios (bioestratigráficos, sísmicos, geoquímicos, etc.) que permitan reconocer niveles o superficies de estratificación que sean reflejo de eventos alocíclicos.

En el trabajo de **J.Rosell** se trata, también con carácter monográfico, sobre la delimitación de unidades en series turbidíticas, en las que las aparentes paraconformidades de sus contactos dificultan dicha labor. Se analiza una clasificación estratigráfica de series turbidíticas, en la que se establece en orden mayor a menor los siguientes rangos: complejos, sistemas, pisos, ciclos de facies y capas. A continuación se plantean las características geométricas de los límites para cada uno de los rangos, con especial atención a los de rango mayor que son los correlacionables con las unidades del borde de la cuenca.

Finalmente se incluye el **GLOSARIO** en el que se ha pretendido que figuren todos los términos aplicados al análisis de cuencas, y temas afines, con doble entrada en español e inglés, por tanto con la traducción unificada de los mismos. Para cada término se incluyen breves definiciones. Se ha dotado al glosario de una estructura muy ágil (algo informal), con entrada alfabética única en ambos idiomas, para que facilite al máximo su utilización.

4. CUESTIONES NOMENCLATURALES

En la reunión conjunta de los autores de los diferentes trabajos de este volumen, celebrada en Barcelona el día 12 y 13 de septiembre, se tomaron una serie de acuerdos internos sobre aspectos nomenclaturas que consideramos de interés dar a conocer por su posible utilidad.

Un primer tema abordado, a propuesta del Dr. Riba y tomando como base un estudio elaborado por él, fué la ortografía de las palabras compuestas por el término estratigrafía y un prefijo (lito-, bio-, crono-, etc). Se consideró que el uso ha llevado a que se mantenga la e inicial de estratigrafía (litoestratigrafía, cronoestratigrafía, bioestratigrafía, etc.), pero que debe considerarse igualmente correcta la ortografía sin la e (litostratigrafía, cronostратigrafía, biostratigrafía, etc.), por analogía con la ortografía de otros términos de construcción similar como biosfera, litosfera, etc.

Un segundo aspecto abordado fué sobre la terminación en iense o ense de los nombres de los pisos. Se recordó un acuerdo del Grupo Español del Mesozoico en el que se recomendaba el uso de la terminación en iense o ense de acuerdo con que la i estuviese o no en el nombre del que deriva el piso (por ejemplo, Campaniense y Tortonense, respectivamente). Se consideró que el uso de esta norma sólo ha sido respetada por algunas escuelas o por algunos autores aislados, mientras que la mayor parte, han uniformizado con la terminación en iense. Por ello se recomienda seguir esta última norma ortográfica, o sea, unificar con la terminación en iense, por su similitud con otros idiomas, además de ser la más simple y la más usada en publicaciones españolas (incluidos mapas oficiales).

Otro aspecto abordado fué la necesidad de disponer de un léxico en castellano de la nomenclatura más moderna de la Estratigrafía, incluida la Estratigrafía sísmica, tema que se aborda en el glosario de este volumen. En este sentido se quiere destacar el gran esfuerzo realizado para que todos los términos ingleses tengan traducción al castellano (ver glosario) y que ésta sea mayoritariamente aceptada por los autores. Obviamente se recomienda el uso de estas traducciones con el fin de llegar rápidamente a una unificación de la nomenclatura.

BIBLIOGRAFÍA

- Babin, Cl. (1987): Méthodes de la biostratigraphie. In: C. Pomerol et al. (Eds.): *Stratigraphie: principes, méthodes, applications*. Doin, Paris, 191-234.
- Berger, W.H., Imbrie, J., Hays, J., Kukla, G. y Saltzman, B. (editores) (1984): *Milankovitch and Climate*, Reidel, Dordrecht, 510 p.
- Bradley, R.S. (1985): *Quaternary Paleoclimatology. Methods of Paleoclimatic Reconstruction*. Allen & Unwin, 472 p.
- Corrales, I., Rosell, J., Sánchez de la Torre, L., Vera, J.A. y Vilas, L. (1977): *Estratigrafía*, Rueda, Madrid, 718.
- Covey, C. (1984): Orbita terrestre y períodos glaciales. *Investigación y Ciencia*, abril 1984, 30-39.
- Chang, K.H. (1975): Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 86: 1544-1552.
- Delfaud, J. (1972): Application de l'analyse sequentielle a l'exploration lithostratigraphique d'un bassin sedimentaire. L'exemple du Jurassique et du Cretace inferieur de l'Aquitaine. *Mem. B.R.G.M. France.*, 77: 593-611.
- Delfaud, J. (1974): Typologie scalaire des sequences sedimentaires en fonction du milieu de depôt. *Bull. Soc. Geol. France.*, 16: 643-650.
- Einsele, G. y Seilacher, A. (editores) (1982): *Cyclic and event stratification*, Springer, Berlín, 536 p.
- Fischer, A.G. (1986): Climatic rhythms recorded in strata. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 14: 351-376.

- Fischer, A.G. y Arthur, M.A. (1977): Secular variations in the pelagic realm. In: H.E. Cook y P. Enos (Eds.): *Deep water carbonate environments*, Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Pub. 25: 19-50.
- Galloway, W.E. (1989a): Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis I: Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 73: 125-142.
- Galloway, W.E. (1989b): Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis II: Applications to Northwest Gulf of Mexico Cenozoic basin. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 73: 143-154.
- Ganapathy, R. (1982): Evidence for a major meteoric impact on the Earth 34 million years ago: implication for Eocene extinctions. *Science*, 216: 885-886.
- García-Hernández, M., López-Garrido, A.C., Martín-Algarra, A., Molina, J.M., Ruiz-Ortiz, P.A. y Vera, J.A. (1988): Las discontinuidades mayores del Jurásico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas: Análisis e interpretación de los ciclos sedimentarios. *Cuad. Geol. Ibérica* (en prensa).
- Garrido-Megías, A. (1973): *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (provincias de Huesca y Lérida)*, Tesis Univ. Granada. 395 p.
- González, A., Pardo, G. y Villena, J. (1988): El análisis tectosedimentario como instrumento de correlación entre cuencas, *II Congr. Geol. España*, SGE, Granada, Simposios: 175-184.
- Goodwin, P.W. y Anderson, E.J. (1985): Punctuated Aggradational Cycles: A general hypothesis of episodic stratigraphic accumulation, *Jour. Geol.*, 93: 515-533.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P.R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235: 1156-1167.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P.R. (1988): Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Eustatic Cycles. In: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.S.C. Kendall, H. Posamentier, C.A. Ross y J.C. Van Wagoner (Eds.): *Sea-level changes - An integrated approach*, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub. 42: 71-108.
- Hardenbol, J., Vail, P.R. y Ferrer, J. (1981): Interpreting paleoenvironments, subsidence history and sea-level changes of passive margins from seismic and biostratigraphy. *Oceanol. Acta*, Proc. 26th Inter. Geol. Congr. Paris (1980), n.sp., 33-44.
- Hsü, J.H. (1989): *La gran extinción*. Antoni Bosch, Barcelona, 268 p.
- Imbrie, J. y Imbrie, J.Z. (1980): Modeling the Climatic Response to Orbital Variations. *Science*, 207: 943-953.
- GEI (Internantional Subcommission on Stratigraphic Classification) (H.D. Hedberg, editor; C. Petzalla, A. Salvador, S. Reguant y J.F. Longoria, traductores) (1980): *Guía Estratigráfica Internacional*, Reverté, Barcelona, 205 p.
- Lombard, A. (1956): *Geologie sédimentaire. Les séries marines*. Masson, Paris, 722 p.
- Lowrie, W. (1989): Magnetostratigraphy and the Geomagnetic polarity record. *Cuader. Geol. Iber.*, 12: 95-120.
- Matthews, R.K. (1984): Oxygen-isotope record of ice-volume history: 100 million years of glacio-eustatic sea level fluctuations. In: J.S. Schlee (Ed.): *Interregional Unconformities and Hydrocarbon Accumulation*. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 36: 97-107.
- Megías, A.G. (1982): Introducción al análisis tectosedimentario: aplicación al estudio dinámico de cuencas. *Act. V Congr. Latinoamericano de Geol.*, 1: 385-402.
- Mitchum, R.M. Jr., Vail, P.R. y Thompson, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part. 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. In: C.E. Payton (Ed.): *Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon exploration* Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, 26: 53-62.
- NASC (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature) (1983): North American Stratigraphic Code, *Emer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 67: 841-875.
- Parkinson, N. y Summerhayes, C. (1985): Synchronous Global Sequence Boundaries. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 69: 685-687.
- Payton, C.E. (editor) (1977): *Seismic Stratigraphy - Application to hydrocarbon exploration*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 26, 516 p.
- Pomerol, C., Babin, C., Lancelot, Y., Le Pichon, X., Rat, P. y Renard, M. (1987): *Stratigraphie: méthodes, principes, applications*. Doin, Paris, 383 p.f
- Pomerol, C. y Premoli-Silva, I. (editores) (1986): *Terminal Eocene Events*, Elsevier, Amsterdam. 414 p.
- Seibold, E. y Meulenkamp, J.D. (1984): *Stratigraphy Quo Vadis?*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Stud. Geol. 16, 70 p.
- SGE (1988): *II Congreso Geológico de España*, Simposios, Granada, 538 p. (volumen reeditado por el IGME).
- Sloss, L.L. (1978): Global sea level changes: a view from the craton. In: J.S. Watkins, L. Montadert y P.W. Dickerson (Eds.): *Geological and Geophysical investigations of continental margins*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 29: 461-468.
- Stille, H. (1924): *Grundfragen der vergleichender Tektonik*. Gerbrüder Verlag, Berlin 443 p.
- Vail, P.R. (1987): Seismic stratigraphy interpretation procedure. In: A. W. Bally (Ed.): *Atlas of seismic stratigraphy*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Studies in Geol., 27: 1-10.
- Vail, P.R., Colin, J.P., du Chene, R.J., Mediavilla, F. y Trifilieff, V. (1987): La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du bassin de Paris. *Bull. Soc. Geol. France*, (8), 3: 1301-1321.
- Vail, P.R., Hardenbol, J. y Todd, R.G. (1984): Jurassic unconformities, chronostratigraphy, and sea level changes from seismic stratigraphy and biostratigraphy. In: J.S. Schlee: *Interregional Unconformities and Hydrocarbon Accumulation*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, 36: 129-137.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M. Jr. y Thompson, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part. 4: Global cycles of relative changes of sea level. In: C.E. Payton (Ed.): *Seismic stratigraphy Applications to hydrocarbon exploration*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, 26: 83-98.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M. Jr., Posamentier, R.H. y Vail, P.R. (1987): Key definitions of sequence stratigraphy. In: A.W. Bally (Ed.): *Atlas of seismic stratigraphy*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Studies in Geol., 27: 11-14.
- Warne, J.E., Douglas, R.G. y Winterer, E.L. (Editores) (1982): *The Deep Sea Drilling Project: A decade of progress*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral, spec. pub. 32, 564 p.
- Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.S.C., Posamentier, H., Ross, C.A. y Van Wagoner, J.C. (editores) (1988): *Sea-Level changes - An integrated approach*, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub. 42: 408 p.

Nota: Garrido-Megías, A. y Megías, A.G. son la misma persona.