

Estratificación y rocas sedimentarias

De entre las innumerables estructuras que se encuentran en las rocas sedimentarias, la más característica y común a todas es la estratificación.

El estudio de la disposición sucesiva de la unidad básica en Estratigrafía, el estrato, ha sido una de las preocupaciones mayores de los geólogos dedicados a las rocas sedimentarias.

A pesar de esto, hoy día, existen todavía imprecisiones en el uso de ciertos términos, así como disparidad de criterios en algunos conceptos.

2.1. EL ESTRATO

Existen principalmente dos tendencias en cuanto a la definición de estrato: una atiende únicamente a la geometría y la otra, además, tiene en cuenta la génesis del material que forma el estrato.

Dentro de la primera, cabe destacar la definición de Campbell (1967) como «un nivel de roca o sedimento que es más o menos distinguible de forma visual o física, separado de los niveles superior e inferior por superficies denominadas superficies de estratificación».

De forma más concreta y teniendo en cuenta la génesis del material, están la definición de Otto (1938): «Un estrato es una unidad de sedimentación que se ha depositado esencialmente bajo condiciones físicas constantes», y la de McKee y Weir (1953) que cita, además, la inclinación de la sedimentación: «Estrato es un nivel simple de litología homogénea o gradacional, depositado de forma paralela a la inclinación original de la formación. Está separado de los estratos adyacentes por superficies de erosión, no sedimentación, o cambio abrupto en el carácter».

Cualquiera de las definiciones citadas son válidas; no obstante, la de McKee y Weir parece más completa, pues alude no solo a la litología (homogénea o gradacional) sino también a la relación tanto en la vertical como en la horizontal.

Hay que resaltar que el término estrato, engloba los aspectos genéticos y geométricos y es considerado como la unidad litoestratigráfica menor, a partir de la cual se desarrollan las unidades de orden superior.

El estudio de un estrato, viene determinado por los siguientes factores:

- a) Límites del estrato (inferior y superior).
- b) Espesor y forma del estrato.
- c) Textura y estructura del estrato.

Si bien en sucesivos capítulos se va a tratar cada uno de estos factores, son necesarias algunas definiciones previas.

Las superficies que limitan los estratos, reciben el nombre de superficies de estratificación o planos de estratificación, y se producen principalmente durante un período de interrupción de la sedimentación o por un cambio brusco en las condiciones de depósito. Estas superficies representativas de una pequeña interrupción sedimentaria, en la terminología anglosajona, reciben (además) la denominación de Joints.

El límite inferior del estrato recibe el nombre de muro del estrato y el límite superior es el techo del estrato.

La distinción de los estratos, está íntimamente ligada al reconocimiento de las superficies de estratificación. Estas, destacan en afloramientos expuestos a la alteración durante cierto tiempo y donde los estratos consecutivos tienen diferente litología, pero son difíciles de determinar en testigos de perforaciones y a veces en los afloramientos donde la litología es similar.

Muchos autores, admiten la división de los estratos según su espesor en: capas (Beds) y láminas (Laminae). De entre las clasificaciones más usadas, cabe destacar las de Mc Kee y Weir (1953) y la de Ingram (1954).

Esto lleva consigo una confusión en la nomenclatura, que hay que eliminar.

Según Dunbar y Rodgers (1957): «una capa, es una unidad plana, limitada por diferencias en composición; textura o estructura». De acuerdo con esta definición, se pueden hacer equivalentes los términos capa y estrato, aunque aclarando que el primero tiene una amplitud mayor al no abarcar el aspecto genético. Por ello, se puede hablar de capas en terrenos metamórficos y volcánicos, pero nunca de estratos, término que queda restringido a las rocas sedimentarias en sentido estricto.

El espesor de un estrato es una magnitud cuantitativa, y por ello no debe expresarse en términos vagos, como: grueso, muy grueso, delgado, etc., aunque se siga una tabulación, sino de forma numérica: 10 cm, 1 m, etc. La potencia es variable, desde unos pocos milímetros, hasta decenas de metros. La extensión lateral, desde menos de un metro hasta decenas de kilómetros, y a veces, centenares de kilómetros, pero siempre tienen un límite.

La textura de los estratos, al igual que su composición, puede ser: homogénea, heterogénea, rítmica o gradacional.

Los estratos pueden estar divididos internamente en pequeñas

bandas, claramente destacables. Cada una de estas divisiones recibe el nombre de lámina.

Según Campbell (1967) una lámina «es el nivel megascópico más pequeño en una secuencia sedimentaria y está limitado tanto por encima como por debajo por superficies de laminación».

Sus principales características son:

- a) Composición y textura uniforme (o casi uniforme) sin que ello indique que láminas consecutivas de un mismo estrato puedan tener composición diferente.
- b) No se pueden subdividir a simple vista.
- c) Tienen una extensión lateral más pequeña, o como máximo, igual que la del estrato en el que están incluidas.

La potencia de las láminas debe expresarse de forma numérica, siguiendo la misma norma que para los estratos.

Los límites de los estratos pueden presentarse o paralelos u oblicuos, es decir, formando un ángulo entre sí.

En este último caso, el estrato, recibe el nombre de estrato cruzado (cross Stratum), que siguiendo a McKee y Weir (1953) sería: «un nivel simple, de litología homogénea o gradacional, sedimentado con un cierto ángulo respecto a la inclinación original de la formación y separado de los niveles adyacentes por superficies de erosión, no sedimentación o cambio abrupto en el carácter».

De igual forma, se puede definir la lámina oblicua, cuando sus límites forman un ángulo respecto a las superficies que limitan el estrato a que pertenecen.

Cuando dos o más estratos o capas superpuestas se distinguen del resto por su relación genética o por tener la misma litología, textura o estructuras sedimentarias, reciben el nombre de conjunto de estratos (Set of Strata) o conjunto de capas (Bedset) que a su vez se puede dividir en simple, si la característica definitoria de todos los estratos o capas es igual, o compuesto, si los estratos presentan una variación de dichas características y que puede estar reducida como mínimo a una alternancia.

La relación existente entre los términos descritos aparece en la tabla 2.I, y algunos ejemplos en la figura 2.1.

TABLA 2.I
RELACION ENTRE LAMINA, ESTRATO Y CONJUNTO DE ESTRATOS

Lámina	Estrato = Capa (Stratum) (Bed)	Conjunto de Estratos = de Capas (Set of Strata)	Simples
Lámina			
.....			
Lámina	Estrato = Capa (Stratum) (Bed)	Conjunto de Estratos = de Capas (Set of Strata)	Compuestos
Lámina			
.....			

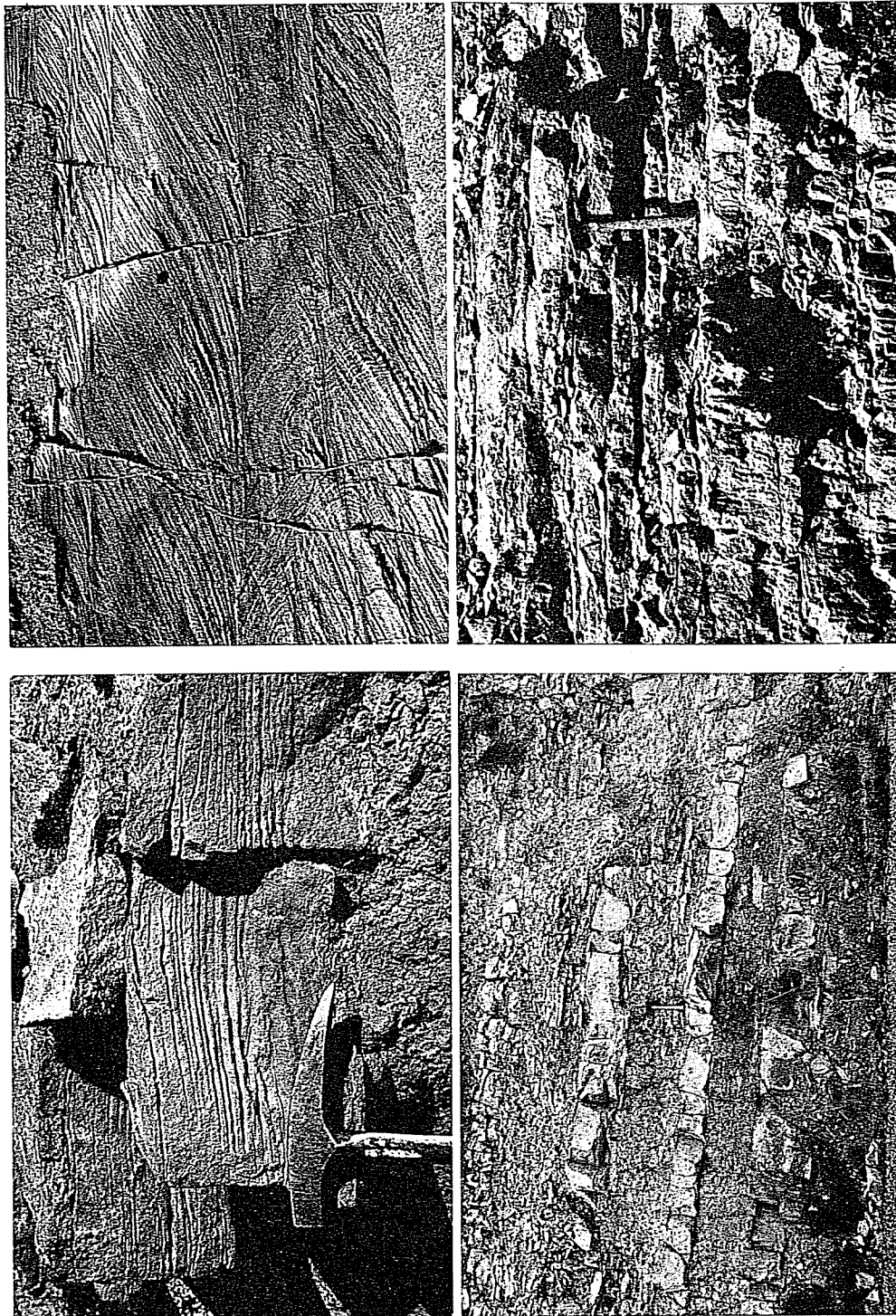


Fig. 2.1. Algunos ejemplos de lámina, estrato y conjunto de estratos. (Fotos L. Vilas, J. J. Gómez y A. García Quintana.)

2.2. ESTRATIFICACION

El tránsito de la observación y descripción individual de cada nivel, a la del conjunto o sucesión de los mismos, es el tránsito de la lámina a la laminación o del estrato a la estratificación.

La estratificación es la disposición de las rocas sedimentarias en sucesivos estratos. Es un término cualitativo que, al basarse en el concepto de estrato, lleva consigo tanto el aspecto genético como el geométrico.

A menor escala está el término laminación, que se puede definir como la disposición sucesiva de láminas dentro de un estrato.

En el estudio de la estratificación caben destacar tres aspectos principales:

- a) Relaciones geométricas entre las superficies de estratificación.
- b) Variaciones en el espesor de los estratos.
- c) Interior de los estratos.

a) Superficies de estratificación.

Las superficies de estratificación constituyen los límites superior e inferior de cada estrato y representan una pequeña interrupción en la sedimentación, cuya duración puede ser muy variable; si la interrupción abarca un lapso de tiempo corto y no se ha producido erosión, se puede afirmar que el plano de estratificación superior de un estrato es la base sobre la que se sedimenta el estrato inmediatamente más moderno.

Las relaciones geométricas que surgen al comparar entre sí las sucesivas superficies de estratificación, sirven como base para establecer la nomenclatura de los diferentes tipos de estratificación.

Por otra parte, en los límites de los estratos, tanto en el superior como en el inferior, existen muchas veces huellas de origen sedimentario u orgánico que tienen gran valor como criterios de polaridad e indicadores de dirección de aporte y, según el tipo, del sentido del mismo.

b) Espesor de los estratos.

Se entiende por espesor de un estrato la distancia entre las dos superficies de estratificación limitantes, medida perpendicularmente a ellas.

Igual que para cada estrato, el espesor de un conjunto de estratos puede ser uniforme o no. Esta variación se puede realizar en dos direcciones: perpendicularmente a los planos de estratificación o paralelamente a ellos.

En el primer caso, la variación se puede presentar de forma arbitraria o con un cierto orden. Así, se producen aumentos de espesor gradual hacia el techo del conjunto o hacia el muro, e incluso una ritmicidad o ciclicidad (fig. 2.2).

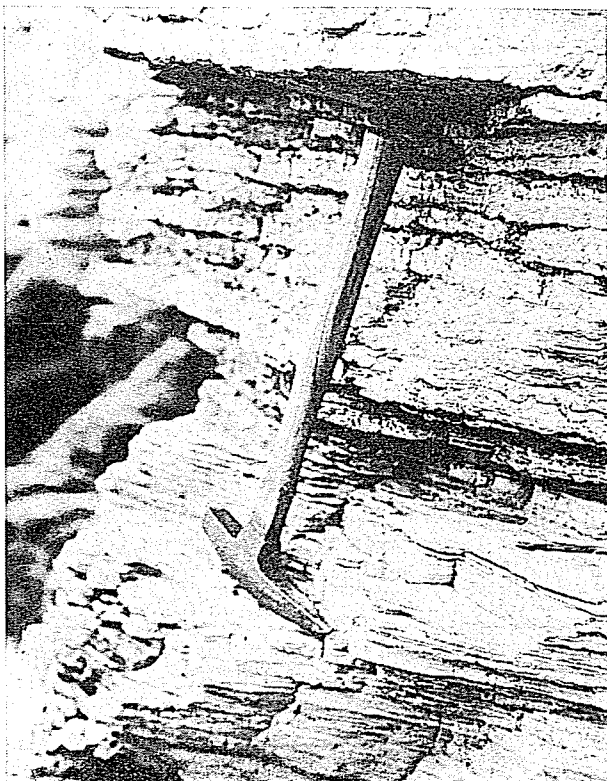


Fig. 2.2. Variaciones verticales del espesor de los estratos. Peñarrubia (Gijón). (Foto L. C. Suárez Vega.)

El caso extremo de la variación lateral del espesor es el acuña-
miento del estrato o conjunto de estratos.

El estudio comparativo entre los diferentes tipos de planos de
estratificación y el espesor de los estratos, es en el fondo el estudio
de la forma del estrato, que está íntimamente relacionada con la
génesis de la estratificación.

c) *Interior de los estratos.*

La mayor parte de los datos básicos para la interpretación de
la historia sedimentaria de la cuenca, se obtienen del estudio deta-
llado del interior de los estratos.

Tres factores, principalmente, hay que tener en cuenta en la rea-
lización de este estudio:

- Las diferentes litologías que forman los estratos.
- La estructura interna del estrato, tal como granuloclasifica-
ción, etc.

- El contenido fosilífero, el cual suministra información desde
la datación hasta las condiciones paleoecológicas del ambien-
te sedimentario en el que se generaron los estratos.

Cada uno de estos aspectos, así como su interpretación, se estu-
dian con detalle en otros capítulos.

2.2.1. Tipos de estratificación

Para el establecimiento de los diferentes tipos de estratificación
habría que tener en cuenta todos los factores que intervienen en ella.
Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, el término estrati-
ficación, al igual que el de estrato, tiene dos acepciones: una gené-
tica y otra geométrica; la combinación de todas las características
de las dos acepciones, da lugar a infinitos tipos de estratificación,
por lo que no es posible realizar una clasificación tan amplia.

En el estudio de la estratificación como resultado directo de un
proceso genético, hay que tener en cuenta, entre otros, los siguientes
factores:

- a) Naturaleza de los sedimentos.
Existe una diferencia en la estratificación entre materiales
sedimentados por precipitación y los detríticos; y aún entre
estos últimos puede variar con el tamaño de grano.
- b) Tipo de transporte.
Los diferentes tipos de transporte imprimen un carácter
propio a la estratificación. Incluso la variación de energía
en un mismo tipo de transporte produce variaciones en la
estratificación.
- c) Condiciones del ambiente sedimentario.
Los procesos de lavado y decantación, pueden producir una
cierta ritmicidad en la estratificación.

Las combinaciones posibles, teniendo en cuenta la interacción de
estos factores, impiden el establecimiento de una clasificación de
la estratificación bajo su aspecto genético.

Por el contrario, el análisis de la sucesión de los estratos según
su relación geométrica permite fácilmente el agrupamiento en dife-
rentes apartados.

Cabe resaltar la importancia que tiene la forma del estrato,
pues es en su estudio en el que se basan las divisiones. Ahora bien,
la forma de los estratos viene marcada por sus límites (superior e
inferior), que son las superficies o planos de estratificación, y es pre-
cisamente la relación geométrica que presenten entre sí estos pla-
nos, el fundamento de clasificación de la estratificación.

Así, se denomina a la estratificación como paralela, si los planos
de estratificación lo son, ondulada si éstos están alabeados (figu-
ra 2.3), etc.

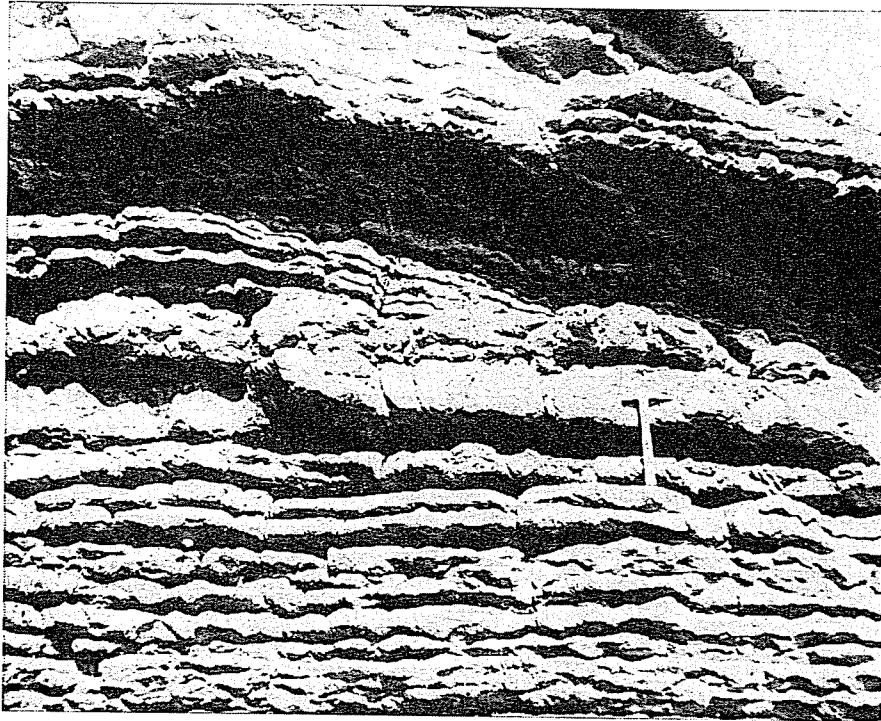


Fig. 2.3. Estratificación ondulada: Sinemuriense superior. Colunga (Asturias).
(Foto L. C. Suárez Vega.)

Otro aspecto es la división de la estratificación en mayor y menor. Esta división, usada por diferentes autores, incluye por una parte el aspecto geométrico de la sucesión de estratos (estratificaciones mayores), y por otra, las particularidades internas del estrato (estratificaciones menores) tales como laminación, estructuras internas, etc.

Las clasificaciones que seguidamente se citan, están basadas por un lado en la disposición que adoptan los estratos (estratificación) y por otro, en la disposición de las láminas dentro de los estratos (laminación).

En la figura 2.4 están representados los tipos más frecuentes de relaciones entre los planos de estratificación, propuestos por Campbell (1967). La estratificación curva, no paralela, recibe el nombre genérico de estratificación cruzada y se estudia más detenidamente en el capítulo 6.

En cuanto a la clasificación de tipos de laminación, es válida también la de Campbell (1967), aunque es más completa la propuesta por Ricci Luchi (1970) que aparece en la tabla 2.II y algunos de los tipos en la figura 2.5. La laminación se trata de forma más extensa en el capítulo 6.

TABLA 2.II
TIPOS DE LAMINACION Y ESTRATIFICACION,
SEGUN RICCI LUCHI (1970)

Paralela	Plana	Continua. Discontinua	Ondulada. Lenticular. Cóncava. Sigmoidal. Tipo mixto.
	Curva	Continua Discontinua	
Oblicua	Plana	Ondulada. Lenticular. Cóncava. Sigmoidal. Tipo mixto.	
	Curva		

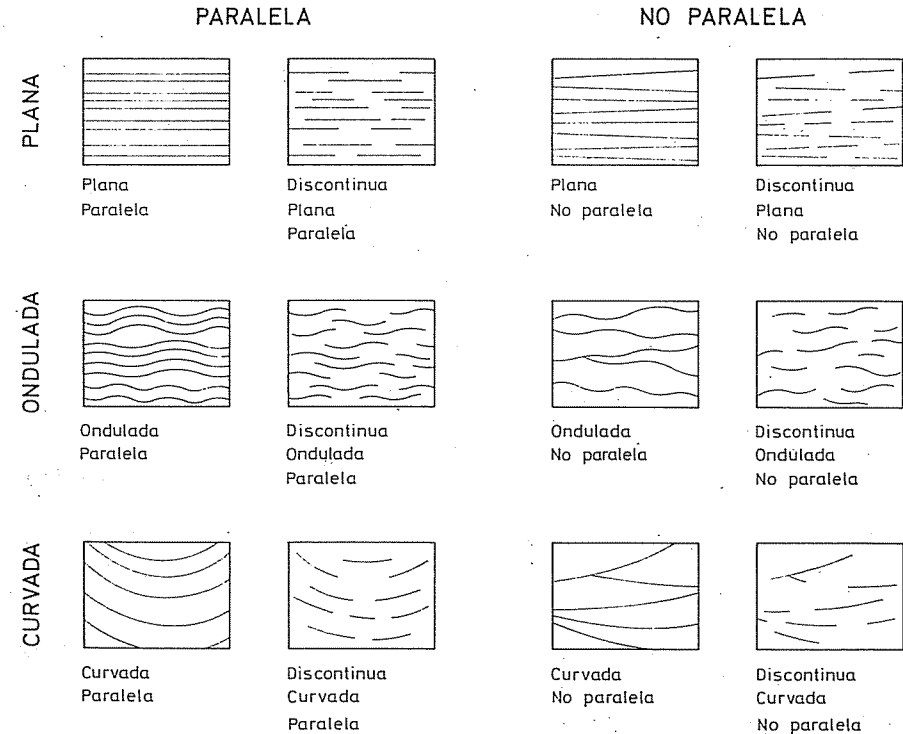


Fig. 2.4. Tipos de estratificación y laminación según Campbell (1967).

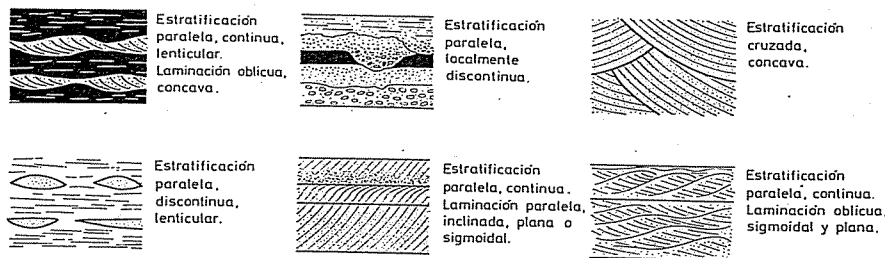


Fig. 2.5. Algunos ejemplos de laminación y estratificación según Ricci Luchi (1970).

Existen otros términos para describir o precisar la estratificación, teniendo en cuenta la litología de los estratos, su espesor, aspectos de ordenamiento interno, etc.

De entre estas denominaciones cabe resaltar:

Estratificación homogénea, si la litología de los estratos es similar en todos; lo contrario recibe el nombre de heterogénea.

Estratificación rítmica, si existe alternancia de dos o más litologías.

Estratificación uniforme, si el espesor de los estratos es constante o casi constante. Si varía, recibe el nombre de estratificación de espesor variable, que puede ser verticalmente variable o lateralmente variable.

Estratificación masiva, si no es posible distinguir a simple vista los estratos (fig. 2.6).

Estratificación alterada, si por causas posteriores a la sedimentación, no es posible reconocer el tipo de estratificación original.

Existen muchas más denominaciones que sirven para destacar algún aspecto concreto de la estratificación, y cuya finalidad suele ser para facilitar la reconstrucción de la cuenca sedimentaria.

2.2.2. Causas de la estratificación

El hecho de que la estratificación sea uno de los rasgos más destacables de las rocas sedimentarias, ha llevado consigo la proliferación de numerosas hipótesis sobre sus causas.

De entre los autores más destacados cabe citar a Vassoevich (1951), Nalivkin (1956), Twenhoffel (1932) y Lombard (1956 y 1963). Los factores a los que aluden como causantes de la estratificación son prácticamente los mismos para todos, aunque cada autor resalte más unos que otros.

En el fondo, las hipótesis más verosímiles son aquellas que se basan en cambios que afectan a los sedimentos, bien durante el transporte o durante la sedimentación.

Las principales hipótesis son:

a) Cambios de tiempo y estacionales.

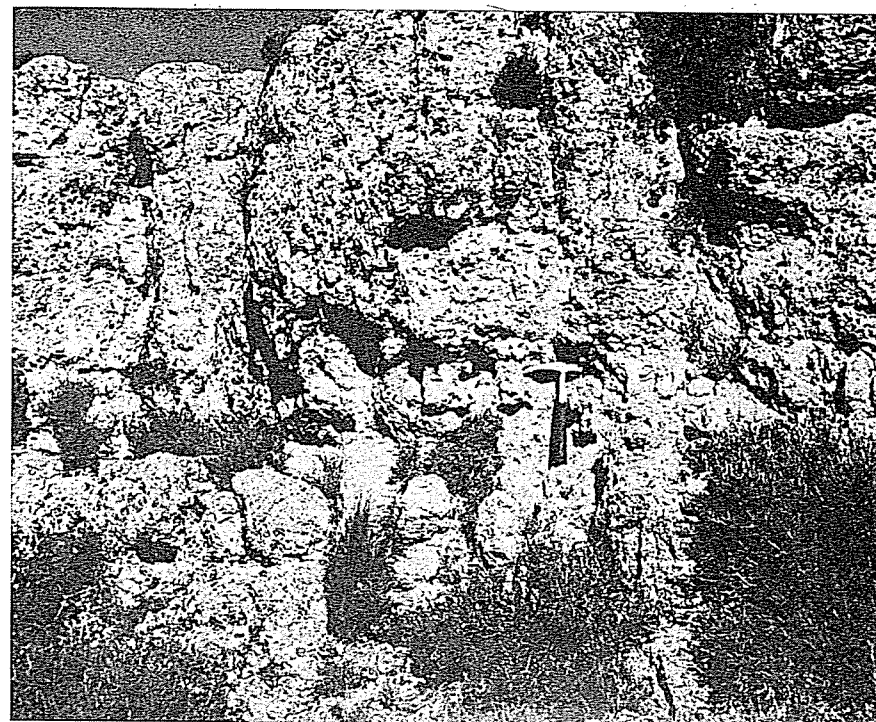


Fig. 2.6. Estratificación masiva. Calizas Aptenses. Bonete (Albacete).

Los cambios de tiempo, que pueden ser de tipo esporádico o regular (estacional), llevan consigo la creación de corrientes que transportan gran cantidad de sedimentos. Como consecuencia, se sedimentan materiales clásticos; el intervalo de tiempo entre dos épocas de gran energía estaría representado por sedimentos más finos. En facies carbonatadas se pueden explicar de esta forma algunas delgadas intercalaciones arcillosas. El ejemplo más claro de estratificación estacional son las varvas glaciares.

b) Variaciones en la energía de las corrientes.

Aunque la mayor parte de las variaciones de las corrientes de transporte estén ligadas a cambios de tiempo, puede haber otras causas como el viento, las mareas, etc., que produzcan estratificación.

c) Elevación relativa del nivel del mar.

Esta hipótesis está basada en la batimetría relativa de algunos tipos de sedimentos marinos. Así, la sedimentación sería continua hasta que se alcanzase el nivel de mínima batimetría al que puede sedimentarse; en este momento se interrumpiría la sedimentación hasta que una elevación del nivel del mar tornase el área a sus condiciones primitivas con la consiguiente reanudación de la sedimen-

tación. En ciertas unidades arrecifales se ha comprobado la existencia de este hecho que origina una clara estratificación.

d) Condiciones de vida de los organismos.

Los cambios tanto en las constantes físicas como hidrodinámicas o ecológicas de un medio, pueden hacerlo inhabitable para la vida de una asociación de organismos, que es reemplazada por otra diferente con mayor adaptación a las nuevas condiciones. No obstante, es difícil encontrar un punto donde estos cambios sean tan continuados como para dar una estratificación de cierta magnitud.

e) Cambios climáticos.

Aunque se haya emitido esta hipótesis, es difícil que sea causa normal de la estratificación, pues los cambios climáticos suelen ser graduales, abarcando mucho tiempo. Es posible que estos cambios afecten a las grandes unidades estratigráficas pero raramente a la génesis de estratos individuales.

Las hipótesis expuestas no aclaran el problema, y muchas de ellas mezclan la estratificación con la laminación.

En líneas generales, se puede afirmar que la génesis de la estratificación está ligada, tanto a las condiciones de aporte de los materiales como a las del lugar de sedimentación, no siendo posible muchas veces poder separar unas de otras.

2.2.3. Medida de la estratificación

Estudiando la estratificación bajo su aspecto geométrico, es posible realizar en los estratos la medida de tres valores absolutos: Dirección, Buzamiento y Espesor.

Dirección es el ángulo que forma con el Norte geográfico, la línea de intersección de la superficie de estratificación con un plano horizontal.

Buzamiento es el ángulo que forma la superficie de un estrato con la horizontal, medido en un plano perpendicular a la dirección.

Tanto la dirección como el buzamiento, son datos que se utilizan sobre todo en Cartografía Geológica.

El espesor de un estrato, es la distancia entre los planos de estratificación limitantes, medida perpendicularmente a ellos.

Según esto, el espesor de un conjunto de rocas estratificadas, será la distancia entre sus límites, medida perpendicularmente a la estratificación.

La medida realizada de esta forma, representa el espesor actual de los materiales sedimentados durante un lapso de tiempo geológico.

El problema se plantea, cuando la sedimentación del material que forma los estratos, se realiza sobre una pendiente deposicional originaria. En este caso, los estratos se apilan lateralmente, por ejemplo: un abanico aluvial progradante o los foreset de un delta.

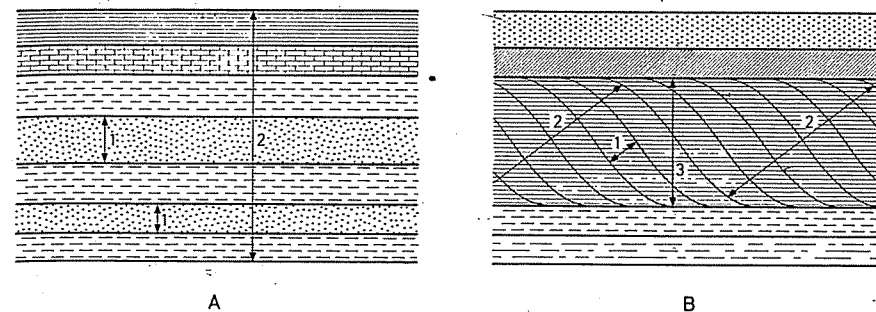


Fig. 2.7. Medida del espesor de los estratos: 1. Espesor del estrato.—2. Espesor del conjunto de estratos.—3. Potencia de la unidad.

Como se aprecia en la figura 2.7, en el caso A, el espesor del conjunto de estratos, corresponde a la potencia de la unidad distinguida, mientras que en el B, no son iguales las dos medidas, en cuyo caso hay que diferenciarlas, pues si bien el espesor del conjunto de estratos valora el espesor real de los materiales sedimentados durante un lapso de tiempo, la potencia de la unidad distinguida, corresponde a la altura actual que abarca dicha unidad, medida sobre la vertical del depósito en el momento de la sedimentación.

De esta forma, se encuentran unidades que con un gran espesor de sedimentos, tienen muy poca potencia en la vertical. Por ello, es necesario hacer la distinción entre el espesor del conjunto de estratos y la potencia de la unidad, sobre todo si el estudio se realiza para la reconstrucción sedimentaria de la cuenca o para geología aplicada.

Otro aspecto en la medida de espesores, es cuando los límites del conjunto de estratos no son paralelos entre sí.

Si son ondulados, se obtiene una medida estadística, indicando los valores extremos.

Si la falta de paralelismo se debe al acuñaamiento de un conjunto de estratos, hay que resaltar el sentido geográfico de la disminución y la variación de espesor por unidad de longitud medida en el sentido del acuñaamiento. Ambos datos son imprescindibles para la interpretación posterior del proceso sedimentario.

Para el cálculo de los espesores de los conjuntos de rocas estratificadas, existen métodos muy variados y su utilización depende, por una parte del detalle de la medición y por otra, del buzamiento que presenten los estratos.

Para medidas directas y en detalle, es necesario el uso de cinta métrica, dependiendo su longitud de la amplitud de la medida a realizar.

Cuando la estratificación se presente horizontal, se puede usar un nivel fijo de burbuja con una mira incorporada; el punto observado a través de la mira con la burbuja calada, estará a una altura igual a la que tenga el observador desde el suelo hasta los ojos. El

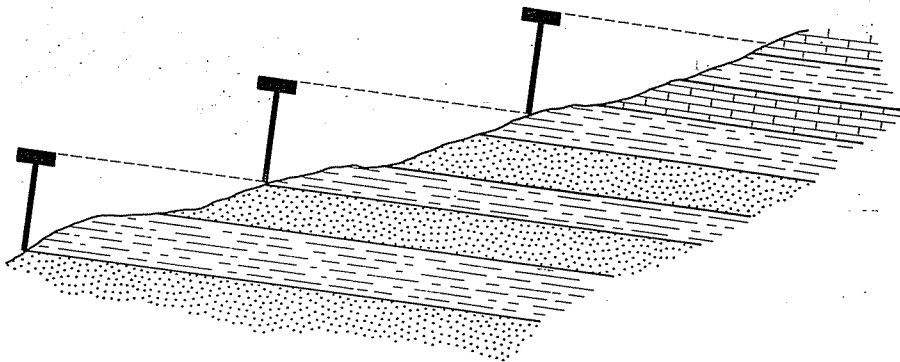


Fig. 2.8. Medida del espesor de un conjunto de estratos mediante la «vara de Jacob».

mismo sistema se puede utilizar con una brújula que posea clinómetro del tipo Brunton o Tamaya.

En el caso de que la estratificación no esté horizontal, el método más rápido es la «vara de Jacob». Consiste en una vara, cuya altura es conocida y variable según el observador, en uno de cuyos extremos se coloca un clinómetro de burbuja con mira incorporada o una brújula del tipo citado anteriormente.

Situando el clinómetro con el valor del buzamiento de los estratos, es suficiente inclinar la vara, en la dirección perpendicular a la estratificación, hasta que la burbuja está calada; el espesor real medido, será igual a la altura de la vara; transportando ésta al punto observado a través de la mira, se vuelve a repetir la operación y así sucesivamente hasta medir la unidad propuesta (fig. 2.8).

2.3. FORMA DE LOS ESTRATOS: FACTORES QUE LA CONDICIONAN

Al ser un estrato un cuerpo sedimentario tridimensional, queda definido por las medidas: longitud, anchura o amplitud y espesor.

Estos parámetros pueden tener valor constante en todos los puntos del estrato o pueden variar de un punto a otro.

No obstante, para unos mismos valores de las tres medidas, un estrato puede presentarse con una sección prismática o con una sección elíptica.

Luego, para unas mismas medidas, puede variar su forma geométrica.

La relación que existe en la distribución espacial entre los valores de los tres parámetros para un mismo estrato, recibe la denominación de forma del estrato.

Entre las clasificaciones que existen de las formas de los estratos, cabe destacar las de Krynine (1948) y Rukhin (1961).

La clasificación de Krynine está basada en la relación entre la anchura y el espesor, mientras que Rukhin establece las diferentes formas en base a la relación entre la superficie ocupada y el espesor de cada estrato, lo que dimensionalmente es una longitud.

Ambos autores establecen tres tipos de formas de estratos con denominaciones diferentes.

La forma del estrato viene condicionada por sus límites y estos son los planos de estratificación (superior e inferior) y las terminaciones laterales.

Los factores que influyen en la disposición geométrica de los límites de un estrato son principalmente de dos tipos: condiciones durante su génesis, y procesos que le han afectado con posterioridad a su sedimentación. Así, pues, mediante el estudio de estos dos conjuntos de factores, es posible relacionar la forma del estrato con la historia sedimentaria del mismo y su posible evolución posterior.

Los factores que actúan durante la génesis, se pueden dividir en: estáticos y dinámicos. Entre los primeros hay que resaltar la forma topográfica del recipiente sedimentario sobre el que se genera la unidad estudiada; así, si el sedimento se deposita en un valle, la relación longitud frente a amplitud será grande, mientras que si la sedimentación se realiza sobre una llanura, dicha relación será muy variable pudiendo llegar a tener el estrato forma de lentejón.

Entre los factores dinámicos destaca la energía del medio generador; así, un sedimento originado por corrientes tractivas, por ejemplo, un depósito fluvial, tendrá una forma geométrica totalmente diferente a otro originado en áreas donde las corrientes no hayan tenido gran influencia, como algunas zonas de los lagos o de la plataforma continental.

Dentro del conjunto de factores que pueden afectar a la forma del estrato en etapas posteriores a su sedimentación, caben destacar los procesos de compactación y diagénesis. Ambos procesos pueden variar totalmente la forma originaria, como en el caso de un lentejón de arenas incluido dentro de una unidad arcillosa, ya que la respuesta de ambos materiales a los procesos citados es distinta teniendo en cuenta las diferencias tanto de permeabilidad como de porosidad entre ellos.

Las terminaciones laterales de los estratos fácilmente distinguibles sobre el terreno, se pueden agrupar en: acuñaamientos, digitaciones, terminaciones difusas y erosionales.

Las terminaciones por acuñaamiento dependen del proceso de génesis aunque pueden estar influidas por deformaciones posteriores. Si el acuñaamiento es simétrico respecto a los límites superior e inferior, recibe el nombre de cuña (fig. 2.9.A); por el contrario, si se realiza hacia alguno de los dos límites citados se denomina bisel, que puede ser normal, si la terminación es sobre el límite inferior, o invertido si es sobre el límite superior (fig. 2.9.B y C).

Las digitaciones son las terminaciones irregulares de los estratos en las que penetran partes de uno en el contiguo (fig. 2.9.D).

Las terminaciones difusas se realizan sin que haya prácticamente variaciones en el espesor, pero transversalmente existe una suave

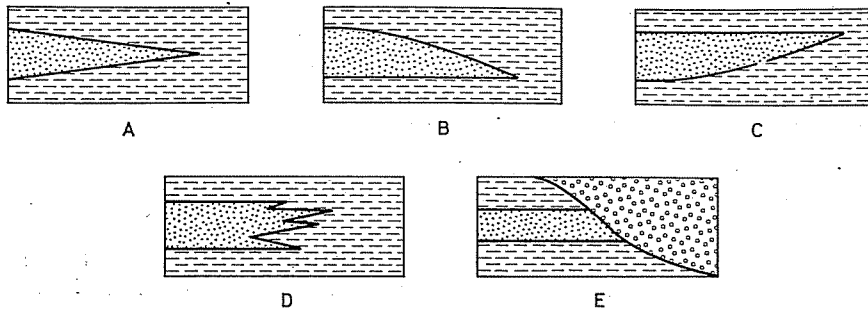


Fig. 2.9. Diferentes tipos de terminaciones laterales de estratos.

transición sin que sea posible determinar con exactitud la terminación del estrato.

En el caso en que una terminación lateral se realice de forma brusca por causa de procesos erosivos posteriores a su génesis, recibe el nombre de erosional (fig. 2.9.E).

2.4. SERIES ESTRATIGRAFICAS

Prácticamente todos los estudios que se realizan en Estratigrafía, parten de la elaboración de los datos plasmados en las series estratigráficas.

La investigación comienza siempre con el reconocimiento de unos hechos de carácter puntual, o sea, datos objetivos observados en cada estrato, por ejemplo: litología, estructuras sedimentarias, etcétera. El siguiente paso es la situación de estos datos puntuales respecto a la sucesión temporal en que aparecen; se pasa a una etapa en la que los hechos observados se relacionan entre sí, en el tiempo, pero sobre un punto geográfico concreto; es decir, se construye la serie estratigráfica local.

De una forma amplia, una serie estratigráfica, es el establecimiento de la sucesión de los estratos, atendiendo sobre todo a sus aspectos litológicos y faunísticos.

De entre las muchas características que tienen las series estratigráficas, caben destacar tres de tipo general: precisión, área de validez y construcción (tabla 2.III):

a) Precisión.

Las series estratigráficas se pueden realizar teniendo en cuenta cada nivel con sus características propias o agrupando niveles por la homogeneidad de ciertos aspectos presentes en ellos. En el primer caso reciben la denominación de series estratigráficas detalladas y sirven para destacar ciertos factores importantes para el estudio, como límites de unidades, paso gradual, ritmos, ciclos, etc. En el segundo caso se denominan series estratigráficas esquemáticas y se utilizan para destacar la sucesión general de grandes unidades.

TABLA 2.III

TIPOS DE SERIES ESTRATIGRAFICAS, SEGUN DIFERENTES CARACTERISTICAS

Tipos de series estratigráficas	Precisión	Detalladas. Esquemáticas.
	Area de validez	Locales. Zonales. Regionales.
	Construcción	Continuas. Compuestas.

b) Area de validez.

Al ser la litología uno de los factores principales de las series estratigráficas, la extensión superficial sin que existan cambios litológicos laterales es muy variable, dependiendo tanto del aporte de materiales como de las características propias del área de sedimentación. Por ello, las series tendrán validez local si los cambios laterales son frecuentes, zonal si el área es mayor, o regional si la extensión de la que es representativa la serie estratigráfica corresponde a una unidad geológica de gran amplitud.

c) Construcción.

Muchas veces, por causa de la tectónica o de las condiciones de afloramiento, no es posible obtener sobre el terreno la sucesión continua de estratos. En este caso la serie estratigráfica completa, se forma a partir de otras parciales, correctamente correlacionadas. Este tipo de series reciben el nombre de series compuestas. En el caso contrario, serán series continuas.

La serie estratigráfica se realiza no sólo a partir de unos datos obtenidos sobre el terreno, sino también del estudio de las muestras en el laboratorio.

Estos datos se refieren a las características totales de cada estrato o conjunto de estratos que presenten diferencias entre sí. Estas características se pueden agrupar en los siguientes apartados: espesor, caracteres litológicos, caracteres biológicos y estructuras de origen sedimentario u orgánico. Al margen, y como complemento, hay que tener en cuenta las estructuras de origen tectónico.

El espesor es uno de los factores más importantes, puesto que en él se basa la representación gráfica de la serie. Deben anotarse todas las variaciones de espesor tanto verticales como laterales. En casos muy concretos (series turbidíticas), se especificará no solo el espesor del estrato sino también el de cada parte diferenciable dentro de él.

Como caracteres litológicos hay que destacar: composición del estrato o del conjunto de estratos, indicando si existen variaciones en este último caso; color de la roca (en fractura fresca), para lo cual se pueden usar las tablas standard de colores; si la roca es detrítica, el tamaño medio del grano; y tantas otras observaciones como sean necesarias para la más perfecta caracterización de la litología.

El contenido paleontológico de los estratos hay que tenerlo en cuenta no sólo como factor de datación, sino también como indicador ambiental; para ello, hay que analizar los fósiles que existen, así como la posición y distribución en que aparecen dentro de la unidad estudiada.

En las estructuras de origen sedimentario se deben distinguir las que aparecen en el interior de los estratos, de las existentes tanto en la cara superior como inferior del mismo. Deben clasificarse, y en su caso, realizar sobre ellas las medidas necesarias para la obtención de los datos de dirección y sentido de corriente, polaridad, etc. Las mismas atenciones exigen las estructuras de origen orgánico que se localicen al realizar la serie. Hay que distinguir las estructuras diagenéticas, pues sirven como parte del registro de los procesos que ha sufrido el material desde su sedimentación hasta la actualidad.

Los factores indicativos de una ritmicidad o ciclicidad en los materiales en estudio, son en su mayor parte destacables mediante una visión previa y se tendrán en cuenta en el momento del levantamiento de la serie.

La génesis de todas estas características presentes en los estratos, se describen y analizan en capítulos posteriores.

Por último, y al margen de las observaciones citadas, propias de los efectos de los procesos sedimentarios, en ciertas series (sobre todo en materiales paleozoicos), hay que reseñar las estructuras de tipo tectónico visibles en los estratos, tanto las originadas durante la sedimentación como las posteriores.

Casi todos los datos que se incluyen en una serie estratigráfica, (litología, espesor, estructuras, etc.) se obtienen directamente en el campo y por lo tanto se debe seguir un orden en la anotación de los caracteres con el fin de que no se olvide ninguno. En el apéndice, se presenta un modelo para seguir en el trabajo de campo.

Todos los factores citados que se han de tener en cuenta en el momento del levantamiento de una serie estratigráfica, se pueden agrupar en tres grandes conjuntos: litológicos, paleontológicos y cronológicos. Los factores encuadrados dentro de cada conjunto, no pueden ser comparables entre sí si no se establece una clasificación y jerarquización de los mismos.

Esta clasificación se realiza a partir de unidades claramente definidas y que, siempre que es posible, están compuestas por la unión de otras de rango menor, hasta llegar a la unidad básica o fundamental.

En el caso del primer conjunto, estas unidades están basadas en la litología de los estratos adyacentes. De esta forma se pueden agrupar o distinguir conjuntos de estratos de mayor o menor espesor en base a su homogeneidad o heterogeneidad litológica.

De igual forma, para los fósiles presentes en los estratos, se pueden establecer unidades, por una parte, atendiendo a su estado de evolución y por otra a sus condiciones ecológicas.

Por último, mediante el establecimiento de la sucesión de los estratos, basándose en el principio de la superposición (con su problemática), se realiza una sucesión cronológica de la génesis de los materiales.

De esta forma, todo conjunto de rocas estratificadas es susceptible, por diferentes métodos, de poderse dividir en diversos tipos de unidades caracterizadas por su variación litológica, contenido fosilífero o sucesión temporal de sus procesos genéticos.

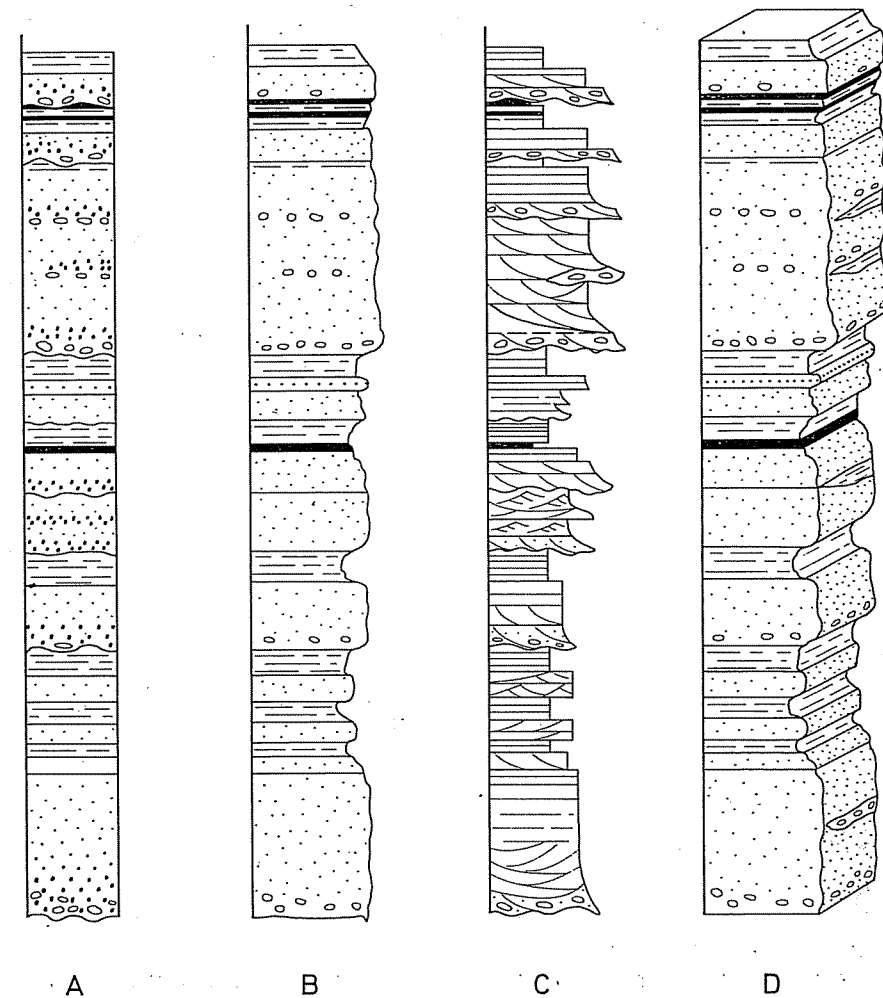


Fig. 2.10. Diferentes tipos de columnas estratigráficas, según las características que se deseen realzar. La columna original pertenece al Pérmico de Retiendas (según Sopena et al., 1974).

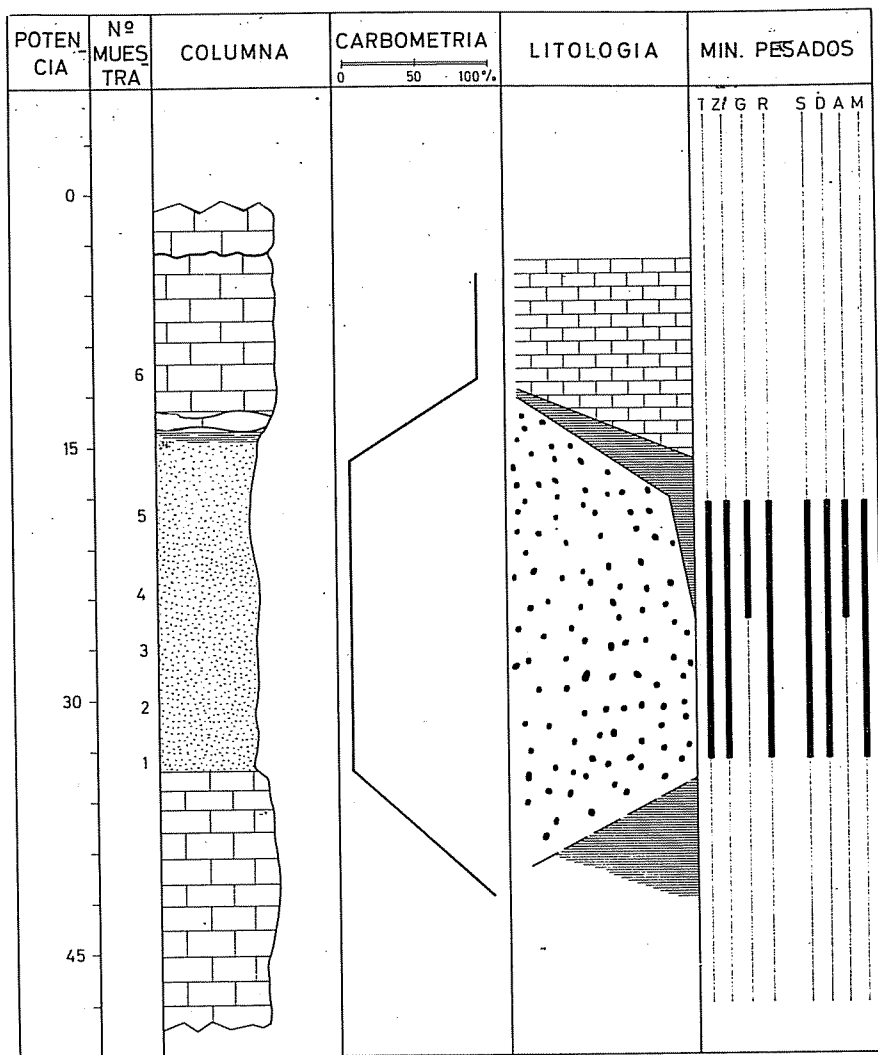


Fig. 2.11. Ejemplo de representación gráfica de series estratigráficas (Cretácico de Asturias, según Rincón, 1973).

2.4.1. Representación de las series estratigráficas

Las representaciones gráficas de las series reciben el nombre de columnas estratigráficas.

Estas columnas se pueden dibujar en dos o tres dimensiones, pero de ellas solo tiene sentido geológico la vertical.

En el eje vertical se representa el espesor de cada estrato o conjunto de estratos distinguidos.

Al ser el espesor un indicativo de los materiales sedimentados durante un lapso de tiempo, la representación vertical será un registro cronoestratigráfico de las unidades que integran la columna.

En la figura 2.10, aparecen los cuatro tipos más comunes de columnas estratigráficas. La A es bidimensional y simple; se suele utilizar para las series obtenidas de sondeos o aquellas en las que no se desea realzar más característica que la litológica. La columna B es una variante de la anterior en la que se resaltan las formas topográficas de los materiales; sirve para reconocer fácilmente en el campo los tramos distinguidos. En la C se dibujan una serie de atributos de los materiales, que son de gran importancia para el reconocimiento de las variaciones verticales del ambiente sedimentario. Por último, la columna D es una representación tridimensional en la que cabe destacar los cambios laterales de facies a pequeña escala.

Teniendo en cuenta el sistema de tres ejes para la representación gráfica se aprecia que tanto el eje X como el Z no tienen significado geológico y sí el Y. Por ello las escalas de las columnas solo son verticales y se escogerá en cada caso la más adecuada para que tenga representación gráfica el detalle de menor espesor que se necesite resaltar.

La litología de cada tramo representado en la columna, viene expresada por unos signos convencionales rellenando el espacio correspondiente. En el apéndice, se presenta un conjunto de tramas que representan las litologías más comunes.

Otro tipo, más completo, de representación gráfica de series (fig. 2.11), consiste en el dibujo, mediante franjas paralelas a la columna, de la existencia o ausencia de ciertos elementos, por ejemplo: laminación oblicua, granuloclasificación, etc., o la variación en vertical de ciertos componentes, por ejemplo: contenido en carbonatos, minerales pesados, etc.; de esta forma quedan expresados, al lado de la litología de cada tramo y de forma sucesiva, los atributos más importantes para la caracterización de cada unidad distinguida.

En el caso de que la tectónica o los cambios laterales de facies dificulten la obtención de la serie estratigráfica, o para aclarar la posición de las unidades distinguidas, se recurre al corte estratigráfico, que representa la interpretación de la relación estratigráfica sobre el terreno de los materiales presentes.