

ROCAS SEDIMENTARIAS Y FACIES SEDIMENTARIAS: RELACIONES CONCEPTUALES Y GENÉTICAS. APLICACIONES DIDÁCTICAS.

Sedimentary rocks and sedimentary facies: conceptual and genetic relationships. Teaching applications

Francisco J. Barba (*)

RESUMEN

En el estudio de las rocas en general y en el trabajo con series estratigráficas es frecuente el uso de los conceptos "roca sedimentaria" y "facies sedimentaria". En este artículo se exponen las relaciones conceptuales y genéticas de cada uno de ellos y se acompañan algunas sugerencias didácticas para la Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) y el Bachillerato que ayudan además a establecer las diferencias entre ambos conceptos.

ABSTRACT

The concepts "sedimentary rock" and "sedimentary facies" are commonly used in stratigraphical and petrological studies. The aim of this paper is to show the conceptual and genetic relationships of both concepts. We also present some teaching suggestions.

Palabras claves: Roca sedimentaria, facies sedimentaria, medio sedimentario, usos didácticos.

Keywords: Sedimentary rock, sedimentary facies, sedimentary environment, teaching uses.

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

Históricamente, a la Geología se le acusa de empirismo y de abstracta. Para desprenderse de estas etiquetas, sin embargo, la Geología da paso cada vez más claramente a la experimentación, a la cuantificación y a la comparación de los principios y concepciones del mundo en estudio; incluso, merced, entre otros, a los avances tecnológicos, la Geología dispone de instrumentos que nos permiten acercarnos, aunque de un modo virtual, a procesos y productos geológicos antaño difíciles de visualizar. Así, muchos de los conceptos propios de nuestra ciencia dejan de ser campo para círculos elitistas, haciéndose de mayor uso público, lo que les lleva, peligrosamente, a ser objeto de un uso inadecuado cuando no se ha profundizado lo suficiente sobre ellos.

En nuestro idioma, es frecuente, por ejemplo, el uso indiscriminado de los términos *pedra* o *mineral* por *roca*. Si la primera confusión constituye en sí misma un vulgarismo -en el que a veces caemos los mismos especialistas inconscientemente-, la segunda parece venir sostenida por errores aprehendidos en la etapa escolar, época en que los libros de texto mayoritariamente no aportaban las diferencias entre uno y otro concepto (Gómez Porter, 1994). Y si esto ocurre con conceptos amplios, genéricos, ¿qué no podremos esperar que ocurra con conceptos más específicos? Es el caso del uso indistinto de los términos *roca sedimentaria* y *facies sedimentaria*, conceptos íntimamente relacionados que, acaso por ello, incluso son con cierta frecuencia confundidos entre sí.

En este artículo se pretende analizar tanto la naturaleza de ambos conceptos como sus relaciones mutuas, así como las condiciones que deben reunirse para utilizar uno u otro término según el sentido de nuestras necesidades a la hora de definir un material rocoso de origen sedimentario. Finalmente, se incluye una serie de sugerencias de posibles usos didácticos del tema y de su tratamiento tanto en el aula como en el laboratorio o en el campo.

PRECISANDO LOS CONCEPTOS

El concepto roca sedimentaria

Las *rocas sedimentarias*, que representan cerca del 70 % de la superficie terrestre (Tucker, 1981), son el resultado de un largo conjunto de procesos, que van desde la destrucción de otras rocas preexistentes en la superficie terrestre por la acción de agentes tan diversos como el dióxido de carbono y/o el vapor de agua atmosféricos (la *meteorización*) y la eliminación de los residuos de esas acciones (la *erosión*) hacia otro lugar mediante un *transporte* más o menos largo, hasta la acumulación de esas partículas (la *sedimentación*) en otro punto de la superficie terrestre (el *medio sedimentario*). Participan de todo ello también los procesos encargados de transformar el resultado de esa sedimentación (los *sedimentos*) en una unidad compacta y relativamente rígida, la roca estrictamente, mediante *aplastamiento* (*compactación*) y/o *pegado* de unas partículas a otras (*cementación*), que se engloban dentro de lo que se conoce como *diagénesis*. El resultado de ello, la *roca sedimentaria* es un producto particular, tangible y objetivo, caracterizado por la existencia

(*) I.E.S. Ría del Carmen, Muriedas (Cantabria)

C.I.T.I.M.A.C. Facultad de Ciencias-Univ. de Cantabria 39005 Santander. E-mail: barbafj@ccaix3.unican.es

en ella de una serie de materiales cuya presencia viene condicionada por la naturaleza y la intensidad de los procesos que han intervenido en su génesis.

En el trabajo de interpretación de las condiciones que condujeron a la formación de la roca, ella misma, a través de su litología (materiales que la componen y relaciones íntimas entre todos ellos), debe ser y es de hecho una referencia fundamental. En el análisis sedimentológico, esto es, de los agentes y procesos sedimentarios responsables de esa roca, sin embargo ella, por sí misma, puede sugerirnos diferentes medios generadores: es bien sabido que podemos encontrar por ejemplo calizas tanto en ambientes lacustres como en ambientes marinos; incluso en los ambientes kársticos también se forman calizas (las tobas calcáreas y los travertinos, por ejemplo). Del mismo modo, las gravas se pueden producir tanto en depósitos de piedemonte como en valles fluviales o en entornos costeros. En estos casos, pues, ¿cómo discriminar un ambiente u otro en la formación de esa roca?

El concepto facies sedimentaria

Hacia la segunda mitad del siglo XVII, Steno utiliza por primera vez el término de *facies* como una referencia al aspecto externo de las rocas. La *facies* era, pues, para este autor un atributo de ésta. Sin embargo, como reconoce Arche (1989), es a partir del siglo XIX cuando, al iniciarse los estudios científicos de las rocas sedimentarias antiguas, se observó que todas ellas se podían agrupar en un número finito de tipos de acuerdo con aspectos describibles de las propias rocas: *composición, geometría y contenido en fósiles* (Gressly, 1838). Si la composición refería a la naturaleza litológica (la roca, propiamente dicha), el contenido en fósiles parecía retrotraernos a hábitats y/o a biotopos de condiciones ambientales particulares, al menos las que habían permitido la existencia de los organismos responsables de esos fósiles, las mismas condiciones bajo las cuales se habría producido la sedimentación de los sedimentos originarios. Si los medios sedimentarios habían sido ambientes biológicos, quizá la presencia de estos restos podrían aportarnos informaciones ambientales muy directas. Pero, ¿y la geometría?

Que las rocas sedimentarias aparecen en estratos es algo bien conocido. Unas veces los estratos son perfectamente tabulares; otras, no. En otras, incluso aparecen como cuerpos masivos, sin ningún atisbo de superficie de estratificación ni plana ni irregular, ni cóncava ni convexa; y ni siquiera horizontal, aun reconociendo que los procesos tectónicos no los llegaron jamás a afectar como para inclinarlos. Los estratos tienen formas variadas que son el resultado de la convergencia o divergencia de las superficies de estratificación que los limitan; Vera (1994, figs. 2.2 y 2.3) recoge distintos tipos de superficies de estratificación y de estratos que permiten visualizar esto último. Por lo tanto, la geometría nos dará una idea de las condiciones dinámicas bajo las cuales los estratos se formaron, así como de procesos erosivos o de otra índole posteriores que los pudieran haber afectado.

Ya en el siglo XX se introducen nuevos elementos de definición de la facies sedimentaria. Selley (1976) señala que además de los rasgos anteriores deben incluirse las *estructuras sedimentarias y las direcciones de las paleocorrientes*. Las primeras nos sitúan en un ambiente dinámico concreto, capaz o no de producir determinados tipos de laminaciones, de estructuras de arrastre de objetos, de improntas de la aridez y la desecación del medio sedimentario, etc. Las segundas, en la referencia del origen y distribución del sedimento; esto es, nos indican la dirección y el sentido de los aportes.

Con todos estos parámetros -incluida la naturaleza de la roca- estamos en disposición de poder identificar las características más aproximadas del medio donde la roca se formó. La ausencia de alguno de estos parámetros nos privaría de importantes elementos de juicio en este análisis y, por supuesto, el tipo de roca de que se trata no puede ser precisamente uno de los que falte, pues la roca siempre está registrada en el registro geológico aunque los demás no lo estén.

Sin embargo, cuando la facies se refiere independientemente del tipo rocoso y con atención exclusiva al contenido fosilífero, se habla de *biofacies*, que, en consecuencia, tiene sólo implicaciones de tipo ecológico en la determinación de las condiciones que soportaron los seres allí registrados en vida (*biocenosis*) como las que les llevaron a su muerte (*tanatocenosis*). En otras ocasiones, en cambio, se suele hacer referencia exclusivamente a las características abióticas; entonces la facies es una *litofacies*, que tiene implicaciones exclusivamente de tipo físico. Ambos conceptos tienen, por lo tanto, una clara carga descriptiva de aspectos concretos de los cuerpos de las rocas sedimentarias: composición, estructuras internas, granulometría, contenido fosilífero, etc. (Arche, 1989).

¿QUÉ NOS DICE LA ROCA SEDIMENTARIA?

A la luz de lo que hemos señalado anteriormente, la roca sedimentaria, en cuanto que objeto tangible, presenta unas características fácilmente describibles tanto en el afloramiento como en muestra de mano: litología, color, textura,... En general se trata de cualidades intrínsecas de la roca que son consecuencia no sólo de la actuación de los agentes de la sedimentación y de la diagénesis, sino también del transporte e incluso de la erosión y de la meteorización.

Así, la meteorización es el primer proceso que actúa sobre materiales previos, bien dejándolos intactos, bien transformándolos química o mecánicamente, de modo que cuando estos componentes pasan a la roca final es o porque son suficientemente resistentes a los agentes de la meteorización o porque la acción de ésta ha sido insuficiente como para modificarlos. Serán los análisis petrológicos, de afinidades de los minerales, de las texturas y de las estructuras sedimentarias los que determinarán el grado con que esto ha podido ocurrir. En consecuencia, nos retrotraerá a procesos concretos y puntuales que han ido salpicando todo el proceso petrogenético.

La erosión y el transporte nos introducen también precisamente en los procesos de desgaste de dichos componentes a lo largo de esta etapa de su vida: cada grano, cada mineral de la roca, con sus aspectos superficiales, observables a la lupa o a simple vista o con la ayuda de cualquier microscopio, nos hablará de la agresividad de los agentes. Así, por ejemplo, en una arenita, un grano de cuarzo con cierto picoteado en su superficie podrá ser interpretado como debido a la existencia de choques entre granos durante el transporte que, a modo de pequeños impactos, serán un importante registro de condiciones de transporte en un medio de muy baja viscosidad: el viento. Y este dato, si bien nos habla de ciertas condiciones genéticas, por sí sólo no constituye elemento alguno ni siquiera de la facies, pues puede haberse originado bien en un ambiente de playa supramareal de una costa de clima oceánico, bien en un ambiente de dunas de desierto tropical, entre otros.

Durante la sedimentación, la acumulación de una partícula sobre otra vendrá determinada por factores diversos: viscosidad y energía del agente de transporte, tamaño y peso de la partícula transportada, aceleración de la gravedad, superficie disponible para depositarse y huecos que vayan dejando las que se sedimentaron primero, etc. Como consecuencia de ello, la partícula se dispondrá de una manera u otra, siempre de acuerdo con los mecanismos de degradación de la energía y de ciertas leyes físicas (ley del impacto y ley de Stokes). Al final, las partículas se dispondrán de un modo u otro en función de cómo estén los demás para dejarle un sitio y de cómo lo hagan las que van a caer sobre ella luego.

Y aunque pudiera parecer que con estas condiciones es suficiente para abogar por las condiciones del medio en que aquella se formó, con ellas se carece, por ejemplo, de aquellos elementos de juicio que nos hablarían de las condiciones propicias para el posible desarrollo de los organismos cuyos restos están formando parte de la misma roca que otros restos minerales o, incluso, de las condiciones dinámicas que son aportadas por el análisis de las paleocorrientes.

Aun con todo, una vez el sedimento está fijado sobre la superficie terrestre, se va transformando lentamente en una masa compacta y rígida, la roca. Responsable de ello es la *diagénesis*, complejo conjunto de procesos que comprenden desde la oxidación superficial de minerales, hasta la reordenación física de las partículas por el efecto de las presiones litostáticas que aplastan unos granos contra otros para hacer disminuir el número y/o el volumen de huecos (poros). La diagénesis es capaz, por sí misma, de transformar de nuevo los componentes del sedimento para hacer aparecer otros completamente nuevos (*neoformación*), lo que acaba por complicar nuestro intento de identificar los primeros procesos que actuaron en la formación de la roca.

Una vez formada la roca sedimentaria, ésta se dispone formando *estratos* o capas de espesor y geometría variable. Estos estratos, que nunca aparecen

aislados, sino formando sucesiones de estratos o *series estratigráficas*, pueden estar constituidos por uno o más tipos de rocas en su interior. El análisis de la sucesión de estratos se lleva a cabo mediante lo que se denomina levantamiento de la *columna estratigráfica* (figura 1), para lo cual se describen los rasgos identificados en el campo, y posteriormente en el laboratorio a partir de las muestras recogidas entonces: litología, texturas observables, geometría y espesores de los estratos, estructuras sedimentarias, direcciones de paleocorrientes, fósiles, etc. Algunos de estos últimos datos serán claves para la identificación de la facies sedimentaria correspondiente. Sin embargo, el aspecto estrictamente rocoso queda recogido en principio el conjunto de componentes del mismo (litología, texturas, fósiles,...).

La serie estratigráfica nos brinda la oportunidad de establecer la continuidad en el tiempo de la sedimentación de los materiales. Sin embargo, la secuencia de materiales geológicos sedimentados en un mismo intervalo de tiempo en áreas más o menos distantes, puede no ser la misma. Esto nos introduce en un nuevo concepto: los *cambios laterales* en las litologías, que, como veremos más adelante, pueden no implicar exclusivamente a la roca, sino también al resto de las características de la misma, en su conjunto, incluso, a la facies sedimentaria.

¿QUÉ NOS DICE LA FACIES SEDIMENTARIA?

Conceptualmente, como recoge Vera (1994, pág. 135 y sigs.), el término “facies” puede tener dos acepciones diferentes. De un lado, existe una concepción “abstracta”, que parte de la enumeración de las propiedades tanto geométricas (espesor y geometría de los estratos y propiedades direccionales) como petrológicas (litología, color, textura, estructuras sedimentarias, fósiles, etc.) de un cuerpo rocoso; de otro, una concepción “concreta”, que reconoce el cuerpo rocoso con unas propiedades determinadas. Las afinidades entre una concepción (sin referencia a materiales) y la otra (con referencia a materiales) son estrechas. Sin embargo, en la actualidad se tiende a utilizar el término facies como la unidad de rango inferior de las unidades de depósito, que corresponde a un cuerpo rocoso delimitado por sus propiedades (Vera, *op. cit.*).

De acuerdo con De Raaf *et al.* (1965), las facies deben ser designadas bien de un modo informal (por ejemplo, “facies Gm”) o mediante una breve descripción (“facies de limos laminados”, p. ej.). En cualquier caso, debe permitir aportar una interpretación ambiental y su definición ha de ser por sí misma objetiva, estando basada sobre el conjunto de los aspectos reconocibles en el campo de la unidad rocosa. La clave, luego, para la interpretación de la facies es combinar observaciones realizadas de las relaciones espaciales y de las características internas (litología y estructuras sedimentarias) con información comparada de otras unidades estratigráficas

SECCION DE LA CARRETERA NACIONAL 630 - km. 400

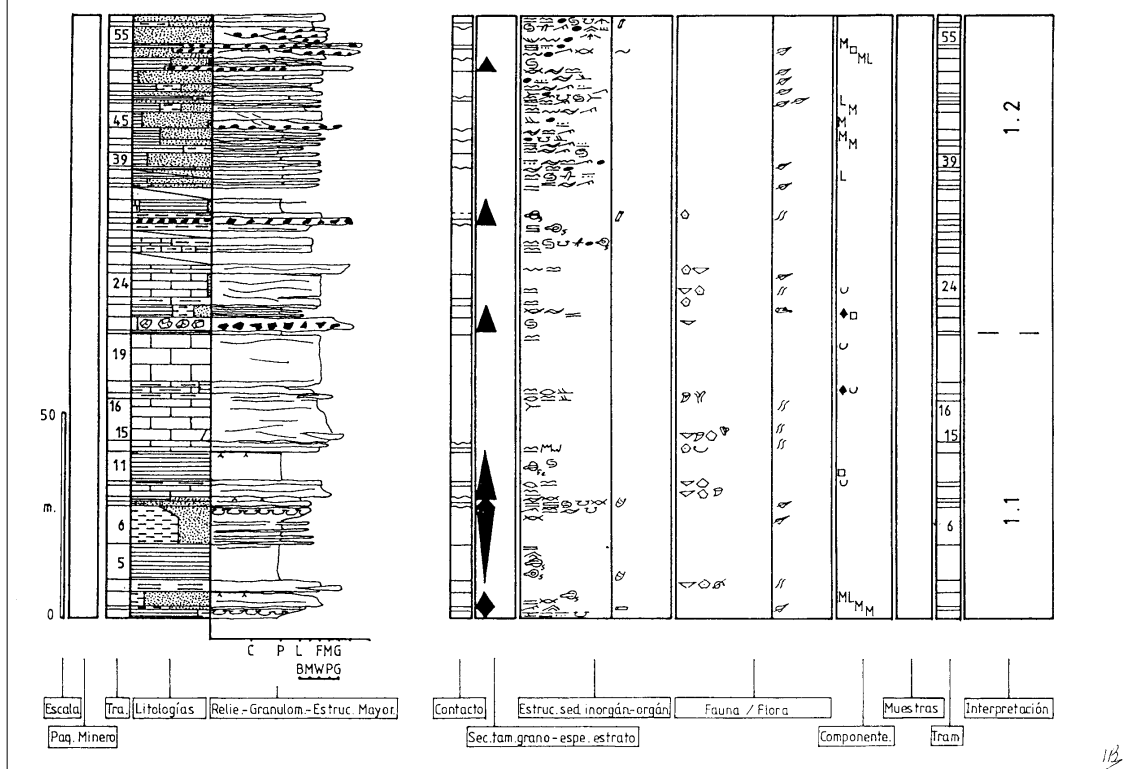


Figura 1. Un ejemplo de columna estratigráfica (Barba, 1990), en este caso, correspondiente a una sección del Carbonífero Superior (Westfaliense) del Sur de la Cuenca Carbonífera Central de Asturias. Los datos de tipo petrológico (rocas) se recogen básicamente en las columnas parciales de las Litologías, granulometrías ("Relie.-Granulom.-Estruc. Mayor."), estructuras sedimentarias ("Estruc. sed. inorgán.-orgán."), fósiles ("Fauna/Flora") y componentes ("Componente.").

bien estudiadas y, particularmente, de los estudios de ambientes sedimentarios modernos.

En el proceso de identificación y definición de una facies, además de los aspectos anteriormente señalados, según Walker (1980), existen tres argumentos que deben ser contemplados:

- 1) que el término implique un "conjunto de características", no el cuerpo rocoso propiamente dicho;
- 2) que debe referirse sólo a "partes arealmente restringidas de una unidad estratigráfica dada" (citando a Moore, 1949) o también a cuerpos rocosos no confinados estratigráficamente, y
- 3) que el término es puramente descriptivo o interpretativo (por ejemplo, respectivamente: areniscas del tipo "X" o facies fluviales).

El primer argumento corresponde a lo que Vera (1994), recogiendo las aportaciones de Reguant (1971), reconoce como "facies abstractas", esto es, basadas en la descripción de las propiedades de determinados materiales estratigráficos. De ellas separa las que denomina "facies descriptivas" atendiendo a la enumeración de los rasgos observables de los estratos (concepción originaria de Gressly) y

"facies con referencia cronoestratigráfica", que recogen aspectos descriptivos aplicables a materiales de una edad determinada (ejemplo, facies Keuper, facies Culm, etc.). De acuerdo con estas premisas, dos o más facies distintas pueden tener en común un mismo tipo de roca constituyente, al igual que que dos o más rocas distintas constituyan una única facies sedimentaria.

El segundo argumento es una expresión de la acepción concreta del término facies. Ya no se refiere a las propiedades de un cuerpo rocoso, sino al cuerpo rocoso que posee unas propiedades determinadas.

En cuanto al tercero de dichos argumentos, recoge tanto los aspectos descriptivos de la roca (argumento primero), como la interpretación ambiental de esas propiedades de la roca que se hayan podido describir. Ello, como resulta obvio, conduce inevitablemente a la definición de facies interpretativas -en el sentido que más atrás hemos recogido-, lo cual, como en su momento se indicaba, no estaba exento de una cierta subjetividad, todo lo cual induce a Vera (*op. cit.*) en su revisión del concepto a recomendar tratar de evitar un uso de este tipo.

De cualquier modo, Walker (*op. cit.*), siguiendo a otros autores, recomienda utilizar el concepto en

el sentido concreto aludido, enunciando las características que se puedan describir en el campo y/o en el laboratorio, y refiriéndolo a un contexto no confinado estratigráficamente.

En la actualidad, con el avance de la tecnología, el análisis de las facies se llega a realizar no directamente sobre la sucesión de estratos que aparece en superficie, sino también en profundidad. En estos casos se habla de facies sísmicas y de facies lineales (*wireline facies*). Las primeras nacen del estudio de las configuraciones de las reflexiones sísmicas; las segundas, analizadas a partir de los datos transmitidos a través de un cable relativos a registros neutrónicos, de rayos g, de polaridad espontánea, sónicos, de resistividad, etc.

La distribución de las facies y los cambios en su distribución dependen de un número de factores de control interrelacionados que son (Reading, 1986): 1. los procesos sedimentarios, 2. los aportes de sedimentos, 3. el clima, 4. la tectónica, 5. los cambios en el nivel del mar, 6. la actividad biológica, 7. la química del agua y 8. el vulcanismo. La importancia de cada uno de estos factores varía de un ambiente a otro. Probablemente, los dos factores universales son el clima y la tectónica. El primero es un factor crítico en los ambientes continentales y marinos someros, y menos influyente a medida que aumenta la profundidad en los ambientes marinos abiertos. El tectonismo es un factor muy importante en los ambientes continentales y en los marinos profundos.

Para valorar la influencia de todos y cada uno de estos factores, se recomienda la lectura de Reading (*op. cit.*, págs. 15-19). La facies, consecuencia de la conjunción de dichos factores, nos informará de la naturaleza de los mismos en su contexto paleoambiental en el caso de las rocas antiguas, y ambiental en el caso de los sedimentos recientes.

LAS RELACIONES CONCEPTUALES: ROCAS, FACIES Y MEDIOS SEDIMENTARIOS

Si las rocas son el punto de partida para la definición de la facies y si aquéllas se ordenan en la vertical en sucesiones más o menos extensas en forma de series estratigráficas, las facies también se distribuirán dando lugar a *secuencias de facies*, que ayudan claramente a establecer la continuidad en los procesos sedimentarios a lo largo del tiempo, y, por lo tanto, a determinar la evolución en el tiempo de los medios sedimentarios. La figura 2 es un ejemplo de una asociación de facies originada en un ambiente deltaico progradante, con identificación de facies de lutitas grises con cierta laminación originadas en el prodelta (PRO); de facies de heterolíticas (lutitas y arenitas) con laminación de *ripples* de corriente, originadas en el frente deltaico distal (BAD) y proximal (BAP); también, facies de arenitas de base erosiva, con estratificación cruzada a planar, que se asimila a las barras de los canales distribuidores (BDI), y lutitas con raíces y carbón, que representarían el ambiente de marisma (MAR).

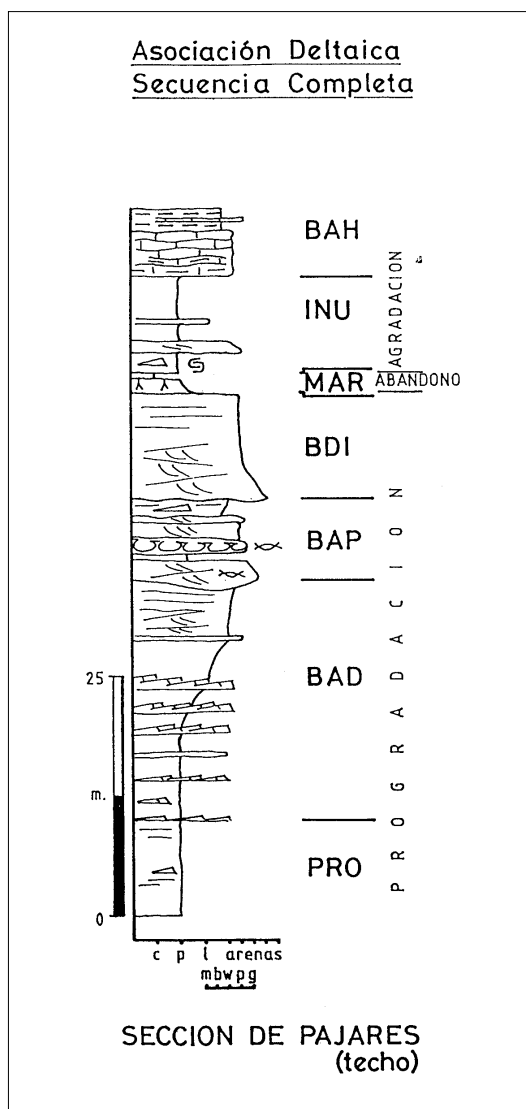


Figura 2. Ejemplo de organización de las asociaciones de facies y su utilización en la interpretación ambiental de una sucesión estratigráfica del Carbonífero Superior del Sur de Asturias (Barba, 1990). Explicación en el texto.

La asociación finaliza con facies de lutitas y arenitas intercaladas, que indicarían la zona entre canales con fangos originados por inundación de dicho ambiente debido a rotura de los diques de los canales (INU) o con calizas con estratos ondulados originados por hundimiento progresivo de esa zona (bahías de interdistribuidores, BAH) y alejamiento sensible de la salida de los canales de desembocadura. La sucesión representada correspondería, en nuestro caso, a las etapas de progradación, abandono y agradación de un delta fluvial.

Pero, como reconoce Walker (*op. cit.*), la tarea de identificar las facies de un cuerpo rocoso requiere que previamente se haya llegado a alcanzar un íntimo conocimiento de dicho cuerpo rocoso en su conjunto. Sólo entonces, éste puede mostrarnos toda su variabilidad horizontal y vertical como para

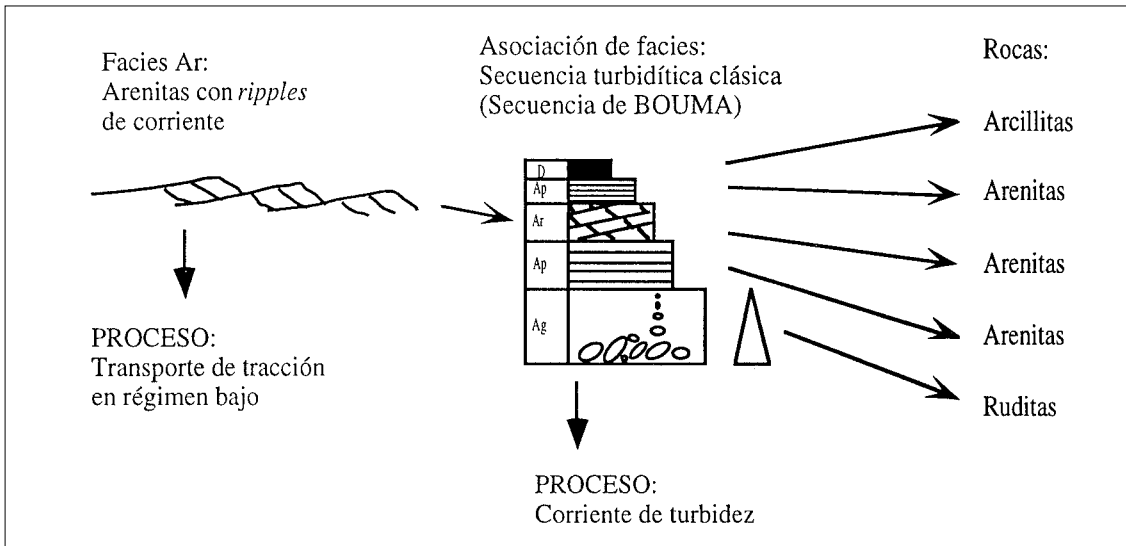


Figura 3. Relaciones conceptuales entre los conceptos de roca sedimentaria, facies sedimentaria, asociación de facies y proceso.

poder identificar cuantas facies pueden ser definidas en dicha unidad. Así, una caliza gris, en función del color y de su tono, seguirá siendo una caliza como otra de idénticos color y tono o no. Las diferencias oportunas nos las podría establecer un análisis petrográfico. La introducción de estudios estadísticos como los relativos a los de las propiedades direccionales de algunas estructuras sedimentarias, o a los contenidos relativos de micrita y esparita, ya implican el uso conceptual de la facies. La figura 3 relaciona gráficamente algunos de estos aspectos.

A pesar de esta componente interpretativa del término facies, éste no es ni el propio medio sedimentario ni la unidad estratigráfica en la que queda registrada por medio de una sucesión de estratos. Si estos dos últimos conceptos tienen dimensiones (bien areal, bien volumétrica, respectivamente), el concepto facies, en tanto que se refiere a un conjunto de características o a los materiales que las presentan, carece de cualquier dimensión. No obstante, la concepción concreta a la que nos hemos referido anteriormente, en tanto que se refiere a un conjunto de materiales delimitados dimensionalmente por sus propiedades, sí tiene dimensiones, propiamente dichas.

Para establecer las relaciones entre medio sedimentario y facies sedimentaria, Arche (1989), recogiendo las ideas de Selley (1970) y Ricci-Lucchi (1981), abunda en la idea de un patrón determinístico o causa-efecto. Si el medio constituye el elemento estático, que brinda el espacio para el desarrollo de los elementos dinámicos (procesos), su interacción da lugar al efecto: la facies sedimentaria. La figura 4 recoge esta idea.

Otra precisión que se ha de tener en consideración es que, de acuerdo con Arche (*op. cit.*), las causas dinámicas no actúan de forma instantánea, sino que, para que se produzca su efecto debe pasar un tiempo más o menos largo. Es decir, que el proceso de formación de la facies implica no sólo que el proceso se haya producido a lo largo de un tiempo, sino también que el producto del proceso se conserve, es decir "fosilice", de modo que la facies observada puede no reflejar totalmente los procesos que actuaron en el momento de la formación de la roca objeto de análisis.

Incluso, una vez "fosilizada" o "registrada" la facies, si ésta se describe desde una roca o desde un conjunto de rocas para interpretar su origen, la facies se presenta como un atributo de la misma roca, la cual, composicional y estructuralmente, paleoge-

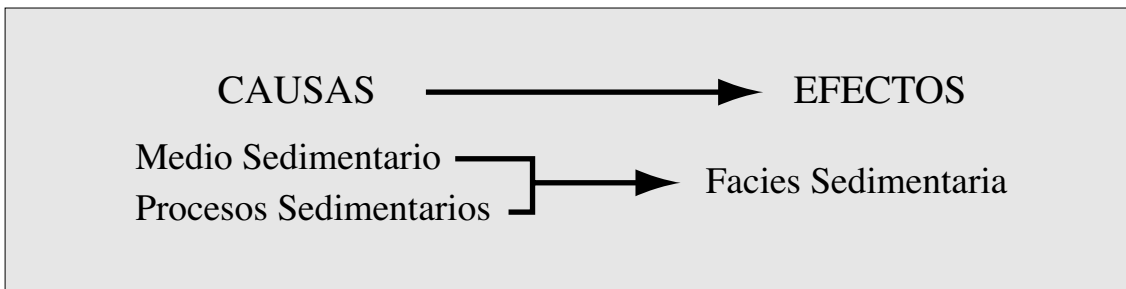


Figura 4. Relaciones causa-efecto entre medio y procesos sedimentarios y facies sedimentaria. Según Arche (1989).

ográfica y paleontológicamente define propiamente la facies. De ahí que facies diferentes pueden estar constituidas por un mismo tipo de roca (Facies Ap y Ar, constituidas en nuestro caso por arenitas), en tanto que rocas diferentes, en otros casos, constituyen una misma facies (las denominadas facies heterolíticas).

Una vez establecidas las características de las facies y de las asociaciones en que éstas se integran en una sección determinada, se trata de conocer las características de las correspondientes a otras secciones y *correlacionar* unas con otras. En este momento se pretende conocer las dimensiones espaciales de los dominios de cada uno de los factores que, de acuerdo con Reading (*op. cit.*), determinaban la distribución de las facies. Dicho de otra manera, se trata de proceder a identificar los ambientes locales en que la cuenca sedimentaria estaba compartimentada. La figura 5 recoge el modelo esquemático de las relaciones de facies para la sucesión del Precámbrico tardío-Cámbrico temprano de los Grupos Vadsø-Tana fjord del Norte de Noruega (tomado de Reading, 1986), con descripción de los ambientes sedimentarios existentes en la cuenca. En dicha figura se representan tanto los datos de tipo petrológico (litologías dominantes: arenitas gruesas con guijarros, arenitas, lutitas) como las facies (cuerpos rocosos con geometría, ordenación interna variable y direc-

ciones de paleocorrientes) y asociaciones de facies (agrupaciones de facies en la vertical correspondiente), así como ambientes identificados (numerados arriba de 1 a 5) en el conjunto de la cuenca sedimentaria para el intervalo de tiempo considerado.

En este esquema, el conjunto de ambientes sedimentarios representados constituyen una gran *cuenca sedimentaria*. Éstas son generalmente las áreas topográficas deprimidas de la superficie terrestre y, según Vera (*op. cit.*) suelen ser áreas subsidentes de la superficie terrestre en las que durante un prolongado intervalo de tiempo geológico se acumulan grandes espesores de sedimentos. De ahí que, en la definición de cuenca no aparezca necesariamente el término "cóncavo" con que tradicionalmente se caracterizaba a las cuencas sedimentarias; más bien se hace preciso subrayar el carácter subsidente de las mismas, rasgo que permite la acumulación de sedimentos en ellas de una manera continuada sin que llegue a producirse la colmatación de la misma. Igualmente, como señalan Anguita y Moreno (1993, p. 104), la sedimentación se puede producir sin necesidad de una cuenca, pues basta una disminución de la velocidad del agente de transporte o, simplemente, de la pendiente deposicional, para que la sedimentación tenga lugar; para justificarlo, citan los ejemplos de los *ergs* y de los frentes glaciares.

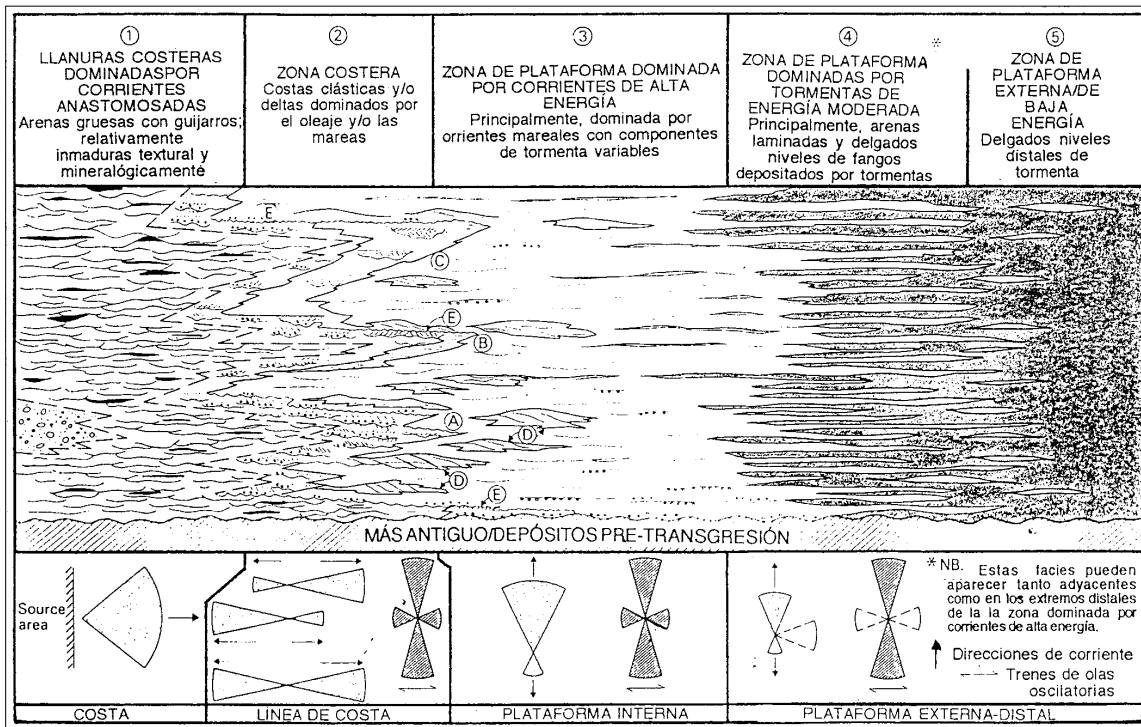


Figura 5. Modelo esquemático de las relaciones de facies para la sucesión del Precámbrico tardío-Cámbrico temprano de los Grupos Vadsø-Tana fjord del Norte de Noruega (según Johnson, Levell y Siedlecki, 1978, Johnson 1975, 1977, en Reading, 1986). El esquema muestra las relaciones verticales y horizontales entre **rocas** diferentes (arenitas con guijarros, arenitas y lutitas) que forman parte de **facies** diferentes que, a veces, comprenden más de un solo tipo rocoso. Los **ambientes sedimentarios** corresponden a: **A)** costas y deltas dominados por oleaje; **B)** costas y deltas dominados por olas y mareas; **C)** costas y deltas dominados por mareas; **D)** barras lineares arenosas de zonas externas; **E)** superficies de erosión/transgresión. El modelo recoge el paso lateral de sistemas de arenitas de canales anastomosados a través de varios sistemas (regresivos/transgresivos) deltaicos y costeros con influencia marina hacia capas de cuarzoarenitas de zonas externas.

En la clasificación de las cuencas sedimentarias se han seguido criterios variables a lo largo del desarrollo de la ciencia geológica. Con el advenimiento de la tectónica de placas como teoría integradora y globalizadora, los intentos de realizar una clasificación de las cuencas sedimentarias pasan necesariamente por situarlas dentro del contexto de esta teoría, en relación con los bordes de las placas. Se habla así de *cuencas divergentes*, de *cuencas convergentes* y de *cuencas en entornos de fallas transformantes*. Para un estudio de las características de todas ellas, nos remitimos a la bibliografía existente en castellano (Anguita y Moreno, *op. cit.*, Vera, *op. cit.*).

Los medios sedimentarios se van a distribuir en las cuencas sedimentarias definidas en función de la naturaleza de los procesos propios de unas áreas u otras; estos procesos, a su vez, serán consecuencia de la acción de unos factores u otros como los que hemos recogido atrás en la génesis de las facies. De este modo, cada medio vendrá caracterizado no ya por una facies en concreto, sino por una asociación de facies más o menos compleja. En otras palabras, más que la facies en sí, es la asociación de ésta con otras la que nos servirá de clave a la hora de entender los procesos locales que se integran en la dinámica del medio sedimentario. Para clasificar, a su vez, los medios sedimentarios, los criterios a aplicar son de tipo batimétrico y de procesos característicos, hablándose de ambientes continentales, de transición y marinos.

SUGERENCIAS DE USO DIDÁCTICO

Cualquier sugerencia en este sentido debe estar fuertemente limitada y controlada por las necesidades de formación de nuestro alumnado; el propio currículo, por lo tanto, en tanto que es el secuenciador preceptivo en nuestras tareas docentes, es el que debe marcar o no la posibilidad de aplicar cuantas propuestas se hagan desde aquí al profesorado interesado. De un lado, parece oportuno reconocer que en los niveles más bajos de la enseñanza (Educación Primaria y Primer Ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria -E.S.O.-), nos ha de bastar con conocer y utilizar adecuadamente el concepto roca; incluso en la etapa primera puede bastar con llegar a reconocer los productos materiales de la dinámica terrestre de manera abstracta, sin tener que acudir a la precisión roca y/o mineral. En este sentido, el poder identificar la o las dos o tres rocas más abundantes del entorno, como quien aprende a identificar en edades tempranas un plátano de un castaño, un gorrión de una gaviota, podría y debería ser suficiente. Es de hecho suficiente a estas edades reconocer la vasta diversidad de la naturaleza tanto en lo referente a los seres vivos como a la materia mineral.

En el Primer Ciclo de la E.S.O., con conocimientos formales más consolidados en lo concerniente a la naturaleza en general de la materia, sí conviene abordar conceptos tales como minerales y/o rocas, diferenciando incluso los tipos de éstas, ígneas, metamórficas y, por supuesto, sedimentarias. Aquí se habría de insistir en el aprendizaje de

las rocas más abundantes del entorno, extendiendo los aprendizajes a las rocas más abundantes de España en general (archipiélagos incluidos). En este nivel, el uso del término facies para llegar al medio sedimentario en el cual se ha formado la roca, parece innecesario. En el Segundo Ciclo, en cambio, se trataría de reforzar el conocimiento de estos conceptos citados desde el desarrollo de las capacidades de observación y diferenciación tanto en el campo como en muestra de manos de las rocas (sedimentarias) más características.

En el Bachillerato, el concepto roca en general y sedimentaria en particular, ha de ser ya lo suficientemente preciso en el primer curso como para que en la optativa de modalidad, la Geología, donde se profundiza ya en los conceptos, éstos puedan ser utilizados sin ningún problema serio, al menos ajenos a los de la propia dificultad derivada de la vastedad de los mismos.

En el Primer Curso de este nivel educativo los contenidos geológicos a impartir quedan muy limitados a una asignatura como es la Biología y Geología, donde los aspectos de tipo petrológico, dentro de la libertad que nos brinda el currículo al respecto, son prácticamente inexistentes y pueden abordarse exclusivamente en sesiones de prácticas en laboratorio y/o en campo. En el primer caso, nos vemos limitados, a su vez, a las muestras de mano de ejemplares tanto del entorno como de las colecciones aportadas por el Ministerio de Educación y/o por los Departamentos de Educación de los Gobiernos Autónomos con competencias asumidas. En estos casos es evidente que las actividades de contacto directo con la roca se ven sometidas a la disciplina tradicional de la observación guiada de propiedades de la roca (color, densidad, fractura, componentes visibles a simple vista o con lupa, respuesta ante determinados reactivos, etc.). Todos los datos recogidos entonces han de servir para que el alumno o la alumna valore la variabilidad de las rocas a la vez que continúe con el desarrollo de destrezas conducentes a la identificación de un número cada vez mayor de rocas basándose en la observación, la comparación, la medición o la experimentación.

En el caso de la observación de las rocas en el campo, en especial en el caso de las sedimentarias, que son las que nos ocupan ahora, la cantidad de datos a percibir es mayor. Las rocas se encuentran en su contexto, relacionándose unas con otras en función de sus propios cuerpos, los estratos, cuya geometría y dimensiones resultan básicos en el análisis en ese momento. A veces, incluso, las condiciones de afloramiento o de aparición en la superficie de las rocas se ven fuertemente limitados por la existencia de una cubierta edáfica con o sin vegetación, lo cual debe permitirnos además adentrarnos en aspectos diferentes como, entre otros, los relativos a las relaciones de esos suelos o de esa vegetación con la litología del substrato; esto es, orientaría nuestro trabajo hacia aspectos de tipo geoambiental, en auge en estos momentos, lo cual no hace del tema un compartimento estanco con otras ciencias. En cualquier caso, el desa-

rollo de la observación y la descripción de los rasgos identificados, su comunicación por escrito o mediante esquemas gráficos, pueden ser planteados en este nivel.

El caso de la asignatura Geología, del 2º curso de Bachillerato, es diferente. Ciertamente se trata de una asignatura optativa y no precisamente elegida por un gran número de alumnos. Además, se trata de una materia no examinable en la Prueba de Acceso a la Universidad, lo que si de un lado resulta ser un cierto agravio con respecto a lo que la asignatura fue en el Curso de Orientación Universitaria (el C.O.U.), nos permite una cierta flexibilidad en los programas de la asignatura. Una primera sugerencia consiste en desarrollar aspectos relativos a la Geología del entorno (localidad, provincia, comunidad autónoma, España e incluso Europa). Es aquí donde podemos abordar el desarrollo de unos buenos aprendizajes de los materiales geológicos (minerales y rocas). Estos aprendizajes podemos orientarlos de nuevo hacia las rocas en muestra de mano y hacia las rocas en su afloramiento, observando, midiendo, comparando, experimentando, describiendo y dibujando.

Quizá pueda parecer que a estos niveles sea todavía osado enseñar a este alumnado de una manera desarrollada el concepto "facies". Sin embargo, nos consta que en algunos casos lo hemos venido haciendo en el C.O.U., donde algunos libros de texto lo recogían. No existen pues excusas que puedan impedirnos, al menos de una manera introductoria, enseñarles a entresacar de la observación de un cuerpo rocoso en su conjunto los rasgos que definirían en él una facies. Más aún, no sería descabellado incorporar columnas estratigráficas sacadas de la bibliografía con datos de un tipo y otro para que puedan proceder a la identificación de cada uno de ellos, tanto en trabajos individuales como en equipo, fomentándose, en cualquier caso, la discusión y el debate.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguita, F. y Moreno, F. (1993). *Procesos geológicos externos y Geología Ambiental*. Edit. Rueda, Madrid: 311 p.
- Arche, A. (1989). Análisis de facies y de cuencas sedimentarias. En A. Arche (ed.): *Sedimentología*, C.S.I.C.-Nuevas Tendencias, Vol I: 13-49.
- Barba, F.J. (1990). *Estratigrafía y Sedimentología del Carbonífero del Borde Meridional de la Cuenca Central de Asturias*. Tesis Doctoral, Univ. Oviedo, 2 tomos (351 y 342 p.). Inédito.
- De Raaf, J.F.M.; Reading, H.G.; Walker, R.G. (1965): Cyclic sedimentation in the Lower Westphalian of North Devon, England. *Sedimentology*, 4: 1-52.
- Gómez Porter, J. (1994). Las rocas: de las definiciones en los libros a las respuestas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. Vol Extra (Septiembre):140-145.
- Gressly, A. (1883). Observations géologiques sur le Jura Solenois. *N. Denk. allg. schweiz Ges. ges. Naturz.*, 2: 11-112.
- Ginsburg, R.N. (1975). *Tidal Deposits: A Casebook of Recent Examples and Fossil counterparts*. Springer-Verlag, Berlin: 428 p.
- Reading, H.G. (edit.) (1986). *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Sci. Publ., Oxford: 615 p.
- Ricci-Lucchi, F. (1981). *Sedimentografía*. Zanichelli, Bologna: 288 p.
- Selley (1976). *Medios sedimentarios antiguos*. H. Blume edic., Madrid: 251 p.
- Tucker (1981). *Sedimentary Petrology*. Blackwell Sci. Public., Oxford: 252 p.
- Vera, J.A. (1989): Sedimentación pelágica. In A. Arche (ed.): *Sedimentología*, C.S.I.C.-Nuevas Tendencias, Vol II: 179-257.
- Vera, J.A. (1994). *Estratigrafía*. Ed. Rueda, Madrid: 806 p.
- Walker, R.G. (1980): Facies and Facies Models, 1: General Introduction. En R.G. Walker (ed.): *Facies Models*. Geoscience Canada. Reprint Series 1: 1-7. ■