

## 1. INTRODUCCIÓN.

Antes de comenzar a hablar de rocas sedimentarias hemos preferido explicar un poco aquellos agentes geológicos externos que producen dichas rocas, exponiendo así brevemente un apartado de la parte de la geología denominada *geodinámica externa*.

### 1.1. GEODINÁMICA EXTERNA.

La geodinámica externa estudia la acción de los agentes atmosféricos externos: viento, aguas continentales, mares, océanos, hielos, glaciares y gravedad, sobre la capa superficial de la Tierra; fenómenos éstos que van originando una lenta destrucción y modelación del paisaje rocoso y del relieve, y en cuya actividad se desprenden materiales que una vez depositados forman las rocas sedimentarias. Igualmente, los efectos resultantes sobre las formas del relieve, evolución y proceso de modelado, es investigado por la geomorfología.

#### 1.1.1. FUERZAS CONSTRUCTIVAS Y DESTRUCTIVAS.

Las fuerzas actuantes desde el interior y exterior de la Tierra llevan realizando esa labor desde la constitución del planeta. Ambas fuerzas son opuestas, pues la interna (dinámica interna) "construye" y transforma continuamente la corteza terrestre desde el centro de la Tierra, es decir, elevando o declinando el terreno y alterando los materiales física y químicamente (volcanes y manifestaciones sísmicas); mientras que la externa (dinámica externa) "destruye", actuando por medio de las fuerzas que tienen su origen en la radiación solar y por tanto en los cambios de temperatura, es decir, el viento, lluvia, hielos y glaciares, aguas continentales, mares y océanos, etc., los cuales proceden a la erosión o meteorización, desplazamiento y sedimentación de los materiales.

Ambas fuerzas, interna y externa, al ser de valores opuestos tienden a neutralizarse mutuamente. Así, cuando se manifiestan las energías del interior de la corteza terrestre en forma de erupciones ígneas y movimientos sísmicos que culminan con la elevación del terreno, las energías externas proceden a la erosión de esas elevaciones, reduciendo el volumen y cubriendo o rellenando las depresiones.

Todos estos fenómenos de construcción y destrucción se mantienen continuamente en movimiento, así ha sido a través de los tiempos geológicos durante miles de millones de años, desarrollándose en un estado "vivo" sin llegar jamás a un equilibrio estable, y así se mantendrá mientras el Sol siga enviando energía a la Tierra.

#### 1.1.2. FACTORES DEL MODELADO.

Como se ha dicho, la geodinámica externa es la responsable de esculpir el relieve de la superficie terrestre. Los agentes geológicos externos (atmósfera, viento, aguas, glaciares, etc.) son los que erosionan, desgastan y modelan las formas o masas rocosas iniciales levantadas por las fuerzas tectónicas del interior de la Tierra, y secuencialmente convierten en nuevas formas paisajísticas.

Los factores que influyen en el modelado de la superficie terrestre son tres: *factores litológicos*, *factores tectónicos*, y *factores erosivos*. Los factores litológicos (relativo a las rocas), tienen que ver con las características de las formaciones o masas rocosas, es decir, capacidad de ser alteradas, permeabilidad, grado de dureza, etc. Los factores tectónicos (relativo a la estructura de las rocas), determinan la disposición relativa de los estratos, así como el tipo de estructuras dominantes. Por su parte, los factores erosivos se relacionan en gran parte con las condiciones del clima, aunque dependiendo de la región de que se trate, y por tanto del tipo de relieve, existen determinados agentes erosivos que son más determinantes.

## 2. METEORIZACIÓN.

Los agentes atmosféricos actúan sobre la capa más externa de la corteza terrestre alterando o erosionando las rocas y minerales, y convirtiéndolos en diferentes fragmentos o residuos que pueden ser transportados y sedimentados. Este proceso se realiza de dos formas: mediante una acción física (mecánica o disgregación) y otra química (descomposición o alteración), aunque dependiendo del clima de cada región puede predominar una u otra; al conjunto de estas acciones se le denomina *meteorización*. Estas definiciones pueden variar dependiendo de los autores; en algunos casos se considera que la meteorización es el producto de la acción química, mientras que la acción física consiste sólo en la disgregación.

Como se ha dicho, la meteorización produce fragmentos de rocas y minerales, así como otros productos residuales y solubles, que pueden ser transportados y depositados a otros niveles, lo que deja nuevas superficies expuestas a la meteorización. Este proceso está tan ligado al concepto de erosión que en muchas ocasiones se consideran sinónimos, al no existir una clara distinción de donde empiezan y terminan ambos, pues tanto una como otra culminan con el desgaste paulatino del relieve, aunque se asume que el agente inicial de la meteorización es la atmósfera, para posteriormente ser transportados y sedimentados los elementos por medio del viento y el agua.

### 2.1. LA METEORIZACIÓN MECÁNICA.

La meteorización mecánica es la disgregación física de las rocas en fragmentos, pero sin que varíe su composición química. Los agentes actuantes son los cambios de temperatura, humedad y actividad biológica. Tras la meteorización mecánica, las superficies creadas mediante los distintos fragmentos quedan dispuestas a la acción de la meteorización química.

#### 2.1.1. FACTORES.

- **Temperatura:** Dependiendo de los coeficientes de dilatación y absorción de los minerales por la acción de los rayos del sol, se producen al calentarse unas diferencias de tensión en su estructura. Por ejemplo, los materiales oscuros absorben más calor que los claros y están expuestos a una mayor actividad física, especialmente en las regiones desérticas y de alta montaña, en donde las altas variaciones de temperatura día/noche imprimen a las rocas fuertes contracciones y dilataciones, que culminarán a la larga con la generación de fisuras y su fragmentación. Cuanto más pequeñas sean los fragmentos más fácilmente serán transportados por agentes como el viento.
- **Agua:** El agua en estado líquido tiene influencia en la meteorización mecánica de las rocas, sin embargo transformada en hielo en su interior puede acortar en gran medida este proceso. En el periodo de unas pocas horas el hielo puede abrir fisuras en las rocas superficiales y exponerlas a una acción acelerada de otros agentes. Cuando las rocas asoman a las capas más superficiales de la corteza terrestre, presentan unas grietas o fisuras (en bloques o placas) llamadas *diaclasas*, resultado de la acción expansiva que manifiestan al reducirse la compresión a que están sometidas en el interior de la corteza. Cuando el agua de lluvia o procedente de los deshielos penetra en el interior de estas grietas, queda sometida a otro efecto expansivo cuando la temperatura desciende por debajo de los 0 grados. Como se sabe, cuando se forma hielo el volumen inicial del agua aumenta hasta un 9%, esto ejerce presiones en el interior de la grieta que superan los 2.000 kilogramos por cada centímetro cuadrado. El resultado es la llamada *gelivación* o *gelifracción*, consistente en la descamación de la roca que tras la rotura culmina con la fragmentación; si la roca es muy porosa como para que el agua pueda empapar bien, entonces su disgregación puede llegar a tener consistencia granular. Como resultado de la gelivación se originan por gravedad depósitos fragmentarios, que pueden observarse acumulados en laderas y paredes denominados *pedrizas* o *pedreras*; o *gleras* o *canchales* si se trata de fragmentos angulosos.
- **Actividad geológica:** La actividad biológica también actúa en la disgregación mecánica de las rocas, aunque lo hace siempre en una segunda fase. Por ejemplo, cuando las rocas ya presentan fisuras éstas pueden ser colonizadas por las raíces de los árboles, que imprimen presión conforme crecen y aumentan de volumen.

La presión ejercida por las raíces no es comparable a la del hielo (no es mayor de 15 kg. por centímetro cuadrado) pero puede ser suficiente para generar rotura y desprendimiento de rocas, es decir, realizan un trabajo de dilatación. Estas rocas quedarán después a merced de otros agentes como pueden ser los *animales zapadores*; los topos y una multitud de invertebrados que viven en el suelo, contribuyen también a este tipo de meteorización mediante la construcción de galerías.

## 2.2. LA METEORIZACIÓN QUÍMICA.

La meteorización química es el conjunto de los procesos de *disolución, hidratación, oxidación, hidrólisis y carbonatación*, todos ellos llevados a cabo por medio del agua, sea por sí misma o actuando como agente portador; o por los agentes gaseosos de la atmósfera como el oxígeno y el dióxido de carbono. Las rocas se disgregan más fácilmente gracias a este tipo de meteorización, ya que los granos de minerales pierden adherencia y se disuelven o desprenden mejor ante la acción de los agentes físicos. Las rocas clásticas, es decir, las formadas por fragmentos de otras rocas preexistentes, sufren una expansión superficial y se desintegran paulatinamente en forma de capas o bolas semiesféricas (desprendimiento de escamas o *desescamación*). La desescamación es una consecuencia típica de la meteorización química.

### 2.2.1. FACTORES.

- **Disolución:** Consiste en la incorporación de un soluto al agua, es decir, de las moléculas aisladas de un cuerpo sólido a otro cuerpo mayoritario y disolvente como es el agua. Mediante este sistema se disuelven muchas rocas evaporitas, o sea rocas sedimentarias de precipitación química, que están compuestas por las sales que quedaron al evaporarse el agua que las contenía en solución. Ejemplo de algunas rocas que tienen este origen son los sulfatos (yesos y anhidrita) o los haluros (silvina, carnalita y halita). Se estima que estas rocas son producto de la desecación de grandes lagos salados. Cuando los materiales de esta composición son disueltos y arrastrados, dejan surcos y oquedades en la superficie de la roca formando lo que se denomina un *lapiaz*.
- **Hidratación:** La hidratación es el proceso por el cual el agua se combina químicamente con un compuesto. Consiste en la hidratación de las redes cristalinas de los minerales mediante la incorporación de moléculas de agua. En este proceso se libera una gran cantidad de energía, pues los materiales son forzados a una transformación de su volumen. Cuando las moléculas de agua se introducen a través de las redes cristalinas se produce una presión que causa un aumento de volumen, que en algunos casos como es la transformación de anhidrita a yeso puede llegar a ser del 50%. Cuando estos materiales transformados se secan se produce el efecto contrario, se genera una contracción y se resquebrajan. Las características de plasticidad y aumento de volumen ocurren muy especialmente en las arcillas del grupo de las montmorillonitas.
- **Oxidación:** La oxidación se produce por la acción del oxígeno, generalmente cuando es liberado en el agua. En la oxidación existe una reducción simultánea, pues la sustancia oxidante se reduce al adueñarse de los electrones que pierde la que se oxida. Mediante este proceso, al oxidarse el hierro que existe en las rocas en abundancia, se torna insoluble, es decir no es arrastrado disuelto en el agua, y pasa a formar parte de los productos resultantes de la meteorización. Los sustratos rocosos de tonalidades rojizas, ocre o parduzcas que se pueden observar en el paisaje en muchas ocasiones, son propias de este proceso.
- **Hidrólisis:** La hidrólisis es la descomposición química de una sustancia por el agua, que a su vez también se descompone. En este proceso el agua tiene la capacidad de disociarse en iones que pueden reaccionar con determinados minerales, a los cuales rompen sus redes cristalinas. La temperatura tiene una influencia notable en este proceso de disociación, siendo proporcionalmente mayor cuanto más nos alejamos de los polos hacia el ecuador, y alcanzando su máxima intensidad en las regiones húmedas. Mediante la hidrólisis se producen las escisiones de las redes cristalinas de los feldespatos (como la ortosa presente en el granito) y feldespatoides (como la nefelina y la leucita), originándose así los minerales arcillosos más comunes, como son la caolinita, montmorillonita e illita.
- **Carbonatación:** La carbonatación consiste en la capacidad del dióxido de carbono para actuar por si mismo, o para disolverse en el agua y formar ácido carbónico en pequeñas cantidades. El agua carbonatada es el responsable de que se produzcan las reacciones de carbonatación con rocas cuyos minerales predominantes

sean calcio, magnesio, sodio o potasio, lo que da lugar a los carbonatos y bicarbonatos. Los paisajes kársticos son clásicos de la disolución del carbonato de calcio componente de las calizas.

- Acción biológica: La acción biológica también colabora en la disgregación química de las rocas. Así, los ácidos liberados por las cianobacterias, así como rizoides de líquenes y musgos e hifas de los hongos, terminan alterando las superficies rocosas. Los componentes minerales de las rocas pueden ser descompuestos por la acción de sustancias liberadas por estos organismos, tales como ácidos nítricos, amoniacos, CO<sub>2</sub>, etc., los cuales potencian la acción erosionadora del agua.

### 3. EROSIÓN.

Es el proceso natural de naturaleza física y química que desgastan y destruyen continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre; incluyen el transporte de material pero no la meteorización estática. La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores, como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento, la gravedad y la vida vegetal y animal. En algunas regiones predomina alguno de estos factores, como el viento en las zonas áridas. En función del principal agente causante de la erosión y del tiempo que sus efectos sobre la superficie terrestres tardan en manifestarse, se habla de *erosión geológica* o natural y de erosión acelerada. La primera es debida a la acción de agentes y procesos naturales que actúan a lo largo de millones de años; mientras que la *erosión acelerada* es el resultado de la acción antrópica y sus efectos se dejan sentir en un periodo de tiempo mucho menor.

#### 3.1. EROSIÓN GEOLÓGICA.

Los fenómenos climáticos inician la erosión de los suelos y causan alteraciones en la superficie de sus estratos. En climas secos, el estrato superior de la roca se expande debido al calor del sol y acaba resquebrajándose, ya que si la roca está compuesta por varios minerales, éstos sufren diferentes grados de expansión y la tensión que se genera conduce a su fragmentación. El viento puede arrastrar diversos fragmentos y acumularlos en otro lugar, formando dunas o estratos de arena. El material perdido por la roca también puede ser arrastrado por la arroyada en fenómenos de escorrentía.

En climas húmedos, la lluvia actúa tanto química como mecánicamente en la erosión de las rocas. El vapor de agua contenido en la atmósfera absorbe dióxido de carbono y lo transforma en ácido carbónico; al precipitar, en forma de lluvia (lluvia ácida), disuelve algunos minerales y descompone otros. El duro feldespato del granito se transforma en arcilla; y determinados minerales del basalto, combinados con oxígeno y agua, forman óxidos de hierro como la limonita. Las altas temperaturas intensifican este tipo de erosión.

En climas fríos, el hielo rompe las rocas debido al agua que se introduce por sus fisuras y poros y se expande con las heladas. Las rocas también se agrietan por la acción de las raíces de las plantas.

El agua de los arroyos y de los ríos es un poderoso agente erosivo; disuelve determinados minerales y los cantos que transporta la corriente desgastan y arrastran los depósitos y lechos fluviales. Los ríos helados también erosionan sus valles; el lento movimiento del glaciar remueve gradualmente todo el material suelto de la superficie por la que se desliza, dejando algunas partes de roca desnuda cuando el hielo se derrite. Además de movilizar los materiales sueltos, los glaciares erosionan activamente la roca por la que se desplazan; los fragmentos de roca inmersos en el fondo y en los lados de la masa de hielo en movimiento actúan como un abrasivo, al arañar y pulir el lecho rocoso de los lados y del fondo de los valles.

En la costa, la erosión de acantilados rocosos y playas de arena es el resultado de la acción del mar, las olas y las corrientes. Ésta es especialmente fuerte durante las tormentas. En muchos lugares del mundo, la pérdida de terreno debido a la erosión costera representa un serio problema; de cualquier modo, la acción de las olas es superficial, por lo que la erosión marina tiende a modelar una característica plataforma plana sobre las rocas de la costa.

El agua tiene un papel aún más importante en lo que se refiere al transporte de material erosionado. Desde el momento en el que cualquier lugar reciba más agua (en forma de lluvia, nieve derretida o hielo) de la que el terreno pueda absorber, el excedente fluirá hacia niveles más bajos arrastrando el material suelto. Las laderas suaves sufren una erosión laminar y abarrancamientos, durante los cuales la denominada escorrentía arrastra la fina capa superior del suelo sin dejar rastros visibles de haber erosionado esa superficie. Este tipo de erosión puede compensarse con la formación de nuevos suelos. A menudo, especialmente en zonas áridas con escasa vegetación, los arroyos dejan un rastro de cárcavas. Parte de los detritos y de los suelos que arrastran los arroyos se depositan en los valles, pero una gran parte llega hasta el mar a través de los cursos de agua. El río Mississippi deposita todos los años unos 300 millones de m<sup>3</sup> de sedimentos en el golfo de México.

La erosión esculpe constantemente nuevos relieves en la superficie de la tierra. La forma de los continentes cambia continuamente, a medida que las olas y las mareas invaden tierra firme y el limo de los ríos gana terreno al mar. De igual modo que los arroyos y ríos ahondan sus cauces, las cárcavas se convierten en barrancos y éstos en valles. El Gran Cañón, en Estados Unidos, con más de 2 km de profundidad, es el máximo ejemplo de un cañón producido por la erosión a lo largo de un millón de años, no sólo por la acción del viento y las temperaturas extremas, sino también por la del río Colorado, cortando grandes espesores de roca.

El efecto conjunto del desgaste de montañas y mesetas tiende a nivelar el terreno; existe una propensión a la reducción del relieve al nivel del mar (nivel de base). Por ejemplo, cada 7.000 ó 9.000 años, la cuenca del Mississippi pierde un promedio de 30 cm de altitud. La tendencia contraria la representan las erupciones volcánicas y movimientos de la corteza terrestre, que levantan montañas, mesetas y nuevas islas.

### 3.2. EROSIÓN ACELERADA.

Sin la intervención humana, las pérdidas de suelo debidas a la erosión probablemente se verían compensadas por la formación de nuevos suelos en la mayor parte de la Tierra. En terreno sin alterar, los suelos están protegidos por el manto vegetal. Cuando la lluvia cae sobre una superficie cubierta por hierba u hojas, parte de la humedad se evapora antes de que el agua llegue a introducirse en la tierra. Los árboles y la hierba hacen de cortavientos y el entramado de las raíces ayuda a mantener los suelos en el lugar, frente a la acción de la lluvia y el viento. La agricultura y la explotación forestal, la urbanización, la instalación de industrias y la construcción de carreteras destruyen parcial o totalmente el dosel protector de la vegetación, acelerando la erosión de determinados tipos de suelos. Ésta es menos intensa en zonas con cultivos como el trigo, que cubren uniformemente el terreno, que en zonas con cultivos como el maíz o el tabaco, que crecen en surcos.

El exceso de pastoreo, que a la larga puede transformar la pradera en desierto, y las prácticas agrícolas poco cuidadosas, han tenido efectos desastrosos en determinadas regiones del mundo. Algunos historiadores piensan que la erosión del suelo ha sido un factor determinante en el conjunto de causas que han provocado algunos desplazamientos de población, debidos a la sequía, y en la decadencia de algunas civilizaciones. Las ruinas de pueblos y ciudades encontradas en regiones áridas, como los desiertos de Mesopotamia, indican que hubo un momento en el que la agricultura fue una actividad generalizada por toda la zona.

## 4. TRANSPORTE.

Mediante el transporte, los materiales ya erosionados y disgregados son desplazados hacia las cuencas de sedimentación mediante los agentes externos. En el transporte se producen modificaciones en los materiales, tales como alteraciones del tamaño, selección mecánica y selección mineralógica.

### 4.1. AGENTES.

La acción de transporte es llevada a cabo por los agentes externos, predominantemente por la gravedad, agua de lluvia, ríos, torrentes, glaciares y viento. De todos ellos, los agentes más importantes son los ríos y

glaciares; los primeros por el volumen de materiales sólidos y en disolución que evacuan cada año a los océanos, y los segundos por la enorme abrasión y desplazamiento que ejercen sobre los materiales sólidos.

Las partículas pueden ser transportadas de las siguientes formas:

- **Flotación:** Es el transporte de materiales ligeros en la superficie del agua. Gracias a la rigidez del agua sólida, los glaciares pueden llevar en su superficie fragmentos mucho más pesados.
- **Disolución:** Durante la meteorización química, el agua disuelve las sales que contienen las rocas, que son transportadas de este modo.
- **Suspensión:** Consiste en el desplazamiento de partículas no disueltas en el seno de un fluido; por ejemplo, el polvo del aire.
- **Saltación:** Es un desplazamiento mediante saltos, producido por pequeños torbellinos de agua o aire, que elevan los fragmentos de roca y los depositan al cesar su fuerza.
- **Rodadura:** Es el desplazamiento de las partículas al rodar sobre una superficie. Lo realizan las partículas de tamaño superior al de las arenas.
- **Reptación:** El agente geológico, no tiene la fuerza suficiente para levantar los materiales, y los arrastra por el fondo(agua) o por la superficie(viento).

El agua, que es más densa que el aire, puede transportar partículas de mayor tamaño que el viento. Durante el transporte, hay una ordenación importante de las partículas o *gradación*, así como una erosión de la cuál se hablaremos seguidamente.

#### 4.2. ALTERACIÓN DEL TAMAÑO.

La alteración del tamaño durante el transporte depende de la dureza del material y la distancia recorrida, que le inferirán mayor o menor desgaste y por tanto una reducción de tamaño y redondez proporcional.

#### 4.3. SELECCIÓN MECÁNICA.

La *selección mecánica* durante el transporte se desarrolla en función del tamaño de los materiales y de la fuerza o energía que lleven en su recorrido, de tal forma que los depósitos adquieren durante la sedimentación características homogéneas, es decir, similares pesos o tamaños.

#### 4.4. SELECCIÓN MINERALÓGICA.

La *selección mineralógica* durante el transporte depende de los componentes minerales que forman las rocas, los cuales, en función de su estabilidad durante el transporte, mantendrán su consistencia o se transformarán. Por ejemplo, la *neoformación* (nueva formación mineralógica) es un fenómeno que se manifiesta durante el transporte de determinadas rocas, como las graníticas, que como se sabe están formadas por cuarzos, feldespatos y micas. Así, mientras que los cuarzos consiguen mantenerse íntegros durante el transporte gracias a su resistencia, sin embargo las micas y feldespatos se van disgregando en el camino y transformándose en minerales arcillosos; el resultado es un enriquecimiento en cuarzo de los depósitos sedimentarios.

### 5. SEDIMENTACIÓN Y SEDIMENTOS.

#### 5.1. SEDIMENTACIÓN.

La sedimentación es el proceso de deposición de los materiales resultantes de la erosión.

Los productos son transportados y se acumulan gracias a la acción de la gravedad. Las partículas erosionadas son transportadas en medios fluidos, como el agua o el viento. Cuando la energía del agente responsable del transporte disminuye, las partículas son depositadas y se produce la sedimentación. Los materiales, llamados

sedimentos, se acumulan en áreas, casi siempre cóncavas, denominadas cuencas de sedimentación. La mayor parte de estas áreas se encuentran en los bordes de las placas litosféricas y, por esta razón, la sedimentación suele darse bajo los océanos.

La sedimentación continental está relacionada con las aguas de arroyada, los ríos, los glaciares, los lagos y el viento. En las cuencas, las partículas se depositan sobre las que lo hicieron anteriormente. Como consecuencia de ello aumenta la presión a la que están sometidos los sedimentos y se producen una serie de fenómenos que modifican sus características. El conjunto de estos procesos se denomina *diagénesis o litificación*, cuyo resultado es la formación de una roca sedimentaria.

## 5.2. SEDIMENTO.

El sedimento es un detrito rocoso resultante de la erosión, que es depositado cuando disminuye la energía del fluido que lo transporta.

Las características de los sedimentos dependen de la composición de la roca erosionada, del agente de transporte, de la duración del transporte y de las condiciones físicas de la cuenca de sedimentación.

Los materiales sedimentados pueden tener origen detrítico, es decir, están constituidos por fragmentos de rocas. Además, éstas han podido ser alteradas por reacciones químicas, como corrosión, oxidación o disolución. Hay sedimentos de origen biológico; suelen ser fragmentos de animales o vegetales, como huesos, dientes, escamas, conchas o espículas. Otros materiales son las sales disueltas en el agua. Tienen su origen en las rocas, pero su función en la sedimentación es diferente a la de los materiales detríticos. Contribuyen a la cementación del resto de sedimentos cuando precipitan entre ellos.

## 5.3. MEDIOS SEDIMENTARIOS.

Reciben el nombre de ambientes o medios sedimentarios, los lugares donde pueden depositarse preferentemente los sedimentos.

Algunos ambientes sedimentarios están situados dentro de los continentes, como ocurre con el medio fluvial, el cual se forma por la deposición de partículas en el lecho y a ambos lados de los ríos, principalmente durante las crecidas, o el medio lagunar, originado por el material sedimentado en el fondo de los lagos.

Otros ambientes se localizan en las zonas costeras y sus alrededores. Entre éstos se pueden citar los deltas, formados por los sedimentos que lleva el río al final de su curso, y las playas. Es, sin embargo, en el mar, donde suelen encontrarse los máximos espesores de sedimentos de plataforma continental, pero sobre todo los localizados al pie del talud continental y en la desembocadura de los cañones submarinos. En las llanuras abisales, en cambio, el espesor de los sedimentos es muy pequeño, desapareciendo prácticamente al aproximarse a las dorsales.

Otras denominaciones de los depósitos se dan según el agente que los transporta, el lugar donde se depositan o la estructura del depósito. En función del agente, se denominan coluvial (ladera), eólico (aire), aluvial (ríos) y glacial (hielo); según el lugar, palustre, lacustre, marino y terrígeno, y por la estructura, clástico y no clástico.

Tienen que concurrir varios factores para que un medio sedimentario sea eminentemente deposicional. Si se deposita material de origen detrítico (partículas sólidas que han sido transportadas mecánicamente por corrientes fluidas, como ríos), el medio de transporte de las partículas tendrá que perder energía para que pueda llevarse a cabo la sedimentación del material.

En cambio, en los lugares en los que se depositan sedimentos de origen químico, será necesario que las condiciones físico- químicas sean adecuadas para que puedan precipitarse sustancias disueltas. En todos los

casos es necesario que la zona de deposición sufra un hundimiento progresivo, lo cual posibilitará la formación de grandes espesores de sedimento.

## 6. DIAGÉNESIS.

La diagénesis son los cambios físicos y químicos que afectan a un sedimento una vez depositado y que se producen a temperaturas y presiones relativamente bajas; el conjunto de alteraciones que ocurren a temperaturas y presiones elevadas se llama metamorfismo. Convencionalmente se ha establecido que los cambios diagenéticos son los que tienen lugar a temperaturas inferiores a 300 °C y presiones de menos de 100 a 200 millones de pascales (Pa) o newtons por metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>). Pero en la práctica es difícil precisar tanto, y los límites entre diagénesis y metamorfismo son muy difusos; el extremo superior de un fenómeno se confunde con el inferior del otro.

Los fenómenos diagenéticos como *cementación*, *compactación*, *sustitución* y *recristalización* transforman las partículas sin consolidar que constituyen el sedimento en una roca sedimentaria dura. La formación de esta roca dura a partir de los elementos sueltos se llama *litificación*. Son ejemplos la transformación de arena en arenisca, de fango en esquisto o de turba en hulla.

Todas las partículas sedimentarias se ven afectadas por la diagénesis, con independencia de dónde se presenten y de que deriven de la meteorización de rocas ígneas y rocas sedimentarias más antiguas o del depósito de conchas de mar y esqueletos de animales o de otra clase de material orgánico. Las partículas sedimentarias son transportadas por el agua o el viento desde su lugar de origen y normalmente, pero no siempre, depositadas de nuevo bajo el agua, donde empiezan a sufrir algunas de las alteraciones diagenéticas. Éstas pueden ser muy radicales, con modificaciones como la composición química o la estructura, el tamaño, la textura y el color de los cristales.

### 6.1. COMPOSICIÓN Y CEMENTACIÓN.

Son los dos fenómenos diagenéticos básicos. El primero es físico y consiste en la compresión de las partículas sedimentarias sueltas a medida que se van acumulando unas capas sobre otras. Con la profundidad aumenta la presión; las partículas se empaquetan con mayor densidad y el agua que había entre ellas es expulsada. El resultado final puede ser una roca dura en las profundidades del yacimiento, aunque en general la compactación no basta para inducir la litificación. Casi siempre debe ir acompañada de cementación, que es una alteración química y consiste en la precipitación de nuevos minerales como calcita, dolomita, siderita, óxidos de hierro y sílice en los poros que quedan entre las partículas; estos minerales desplazan el agua y unen más íntimamente los sedimentos. Puede empezar muy rápido, mientras las partículas sedimentarias están todavía en la superficie terrestre. Así, las aguas subterráneas con calcita y otros minerales disueltos pueden cementar partículas cuando se evapora y deposita la calcita (como ocurre en regiones desérticas, por ejemplo).

La cementación se produce por reacción química entre las partículas sedimentarias inestables y el agua de los poros.

### 6.2. SUSTITUCIÓN Y RECRISTALIZACIÓN.

Se produce sustitución cuando un mineral contenido en un sedimento es lavado y en su lugar se precipita otro. Es común en areniscas y esquistos, pero también puede ocurrir en sedimentos formados a partir de conchas fósiles (calizas). Éstas son casi siempre de calcita, aunque es muy común encontrar ejemplares en los que ésta ha sido totalmente sustituida por sílice o piritita. La recristalización es particularmente importante en materiales calizos y consiste en que el mineral de origen conserva su composición química, pero los cristales que forma se hacen más grandes. Así, el 'fango' fino de cal recristaliza fácilmente en calcita, de textura más tosca. La *autigénesis* es la formación de nuevos minerales a partir de los compuestos químicos reciclados del sedimento originalmente depositado. Son ejemplos el desarrollo de minerales arcillosos a partir de los feldespatos

contenidos en el material de origen o la generación de hematites (un óxido de hierro) a partir del hierro tomado del interior de las partículas originales. También los seres vivos pueden intervenir en la diagénesis alterando los sedimentos y destruyendo su estructura o aportando material en forma de depósitos fecales.

El estudio de la diagénesis tiene una importancia económica considerable. Los cambios diagenéticos que experimenta un sedimento determinan si la roca formada atraparé el petróleo crudo o lo dejaré pasar. De hecho, buena parte de la investigación en este campo realizada en las últimas décadas la han llevado a cabo las compañías petrolíferas, interesadas en determinar qué rocas tienen la porosidad y la permeabilidad adecuadas para convertirse en buenos depósitos o conductores de crudo.

## 7. CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.

Las rocas sedimentarias pueden ser: *detríticas terrígenas, químicas, bioquímicas y orgánicas.*

### 7.1. ROCAS DETRÍTICAS TERRÍGENAS.

Las rocas *detríticas terrígenas* son aquellas que están formadas por fragmentos de minerales o rocas preexistentes. Son resultado de procesos dinámicos, aunque también pueden estar influidas en menor medida por otros procesos químicos o bioquímicos.

En las rocas detríticas terrígenas se distinguen:

- Clastos o conjunto de granos en contacto o no formando un armazón.
- Matriz o granos finos como limos y arcillas que se encuentran situados entre los clastos.
- Cemento o depósito químico que mantiene unidos la matriz y los clastos.
- Poros o malla que mantiene interconectada o no los espacios vacíos.

Las características de las rocas (composición y tamaño) están condicionadas por los clastos y la matriz. Por su parte, el carácter de los poros está relacionado con los clastos, la matriz, el cemento y el volumen total.

La textura de las rocas sedimentarias es la relación que existe entre sus distintos elementos. Por el aspecto superficial, tamaño granular, forma, redondez, etc. se pueden clasificar en *conglomerados, areniscas y lutitas* (limos y arcillas de grano muy fino).

#### 7.1.1. CONGLOMERADOS.

Los *conglomerados* son rocas sedimentarias formadas por consolidación de cantos, guijarros o gravas, de fragmentos superiores a 4 mm (si los granos son entre 2 y 4 mm. se denomina *microconglomerado*), englobados por una matriz arenosa o arcillosa y con un cemento de grano fino que los une (caliza o sílicea).

En la composición de los conglomerados intervienen fundamentalmente tres factores: la litología de la zona de alimentación de la cuenca sedimentaria, clima y relieve de la zona sometida a erosión. El clima y la litología determinan que minerales terminarán formando parte del conglomerado, sea por alteración química o disgregación física de las rocas preexistentes. El relieve determina con que rapidez se producirá el proceso de erosión, transporte y sedimentación, ya que dependiendo de lo abrupto del terreno así existirá mayor o menor tiempo para que la alteración química de los minerales tenga lugar.

La clasificación de los conglomerados se hace en función de las características de estas rocas y del tipo de transporte que han sufrido los fragmentos. El agente de transporte más frecuente de estos materiales es el agua. Durante el curso de los ríos se producen clasificaciones de tamaño de los clastos, al ser diferente la energía cinética que se necesita para trasladar fragmentos igualmente diferentes; de esta forma se distingue la formación de los siguientes conglomerados:

- **Brechas:** Las *brechas* son conglomerados que se forman en los tramos altos de los ríos a base de cantos grandes y angulosos, los cuales no se han visto sometidos al desgaste producido por un transporte prolongado. De estructura similar pero de origen diferente son las denominadas *brechas de escollera*; éstas se forman al pie de los acantilados por la acción del oleaje. Se distinguen muchas variedades de brechas: calcáreas, osíferas, etc. Existen rocas de aspecto muy similar a los conglomerados pero cuyo origen no es sedimentario, ejemplo de las *brechas tectónicas* o de las *brechas volcánicas*, cuya formación ha sido llevada a cabo por la acción de agentes geológicos internos.
- **Pudingas:** Las *pudingas* son conglomerados formados por cantos redondeados, resultado de la acumulación de fragmentos que han sido sometidos a la erosión durante un transporte prolongado. Las variaciones en las corrientes fluviales provocan que las pudingas se hallen frecuentemente interestratificados con areniscas.
- **Tillitas:** Las *tillitas* son conglomerados formados por fragmentos que han sido transportados por los glaciares. Se caracterizan por presentar clastos de tamaños muy diferentes, debido a que no ha existido la típica clasificación del transporte por corrientes fluviales. Si los fragmentos proceden de la morrena de fondo del glaciar, suelen ser aplanados y con estrías paralelas motivado por el rozamiento sufrido con el fondo o con otros materiales durante el avance de los hielos. También de origen glaciar son los conglomerados glaciomarinos, muy común en las costas Antárticas, que se formaron por acumulación de fragmentos procedentes de los icebergs.

### 7.1.2. ARENISCAS.

Las *areniscas* son rocas sedimentarias cuyos granos poseen un diámetro inferior a 2 mm. Se trata de arenas cementadas en una matriz que, aunque puede ser de naturaleza muy variada, es generalmente silíceas. La permeabilidad de estas rocas depende del número y tamaño de los poros que se intercomunican. Las areniscas se clasifican en cuatro tipos:

- **Ortocuarcitas:** Las *ortocuarcitas* son areniscas detríticas bien estratificadas formadas casi exclusivamente de granos de cuarzo (hasta el 90% de cuarzo). Están escasamente cementadas a base de sílice.
- **Arcosas:** Las *arcosas* son areniscas detríticas muy poco estratificadas, en las que predominan sobre las arcillas el cuarzo (entre un 40 y un 80% de cuarzo) y los feldespatos. Poseen un cemento de tipo calcáreo.
- **Grauvacas:** Las *grauvacas* son areniscas detríticas, generalmente de origen marino, en las que predominan las arcillas y feldespatos sobre el cuarzo. Se forman en condiciones de rápida erosión, transporte y deposición, lo cual impide que se alteren los componentes arcillosos. Los límites de su composición son muy variados. El cemento es de tipo arcilloso.
- **Molasas:** Las *molasas* son areniscas detríticas, generalmente de origen marino, que se concentran en cubetas sedimentarias laterales, por erosión de las cordilleras durante su levantamiento y plegamiento en la última fase del ciclo geosinclinal. El cemento de estas areniscas es de tipo calcáreo.

### 7.1.3. LUTITAS.

Las *lutitas* (*limonitas* y *arcillitas*), son rocas detríticas de grano muy fino (las arcillas tienen menos de 0,002 mm.). Están cementadas por precipitación química, y su porosidad puede llegar a ser inferior al 10% cuando se produce la compactación de limos y arcillas; éstas últimas tienen un alto valor económico. Se distinguen:

- **Arcillas caolínicas:** Las *arcillas caolínicas* presentan caolín por hidrólisis de los feldespatos que contienen las rocas graníticas. El caolín es susceptible de plasticidad cuando se le añade agua, por ello es útil en la industria de la construcción. Dependiendo de si lleva o no impurezas puede ser destinado a la fabricación de tejas y ladrillos, o para su utilización en alfarería.
- **Arcillas esmécticas o bentonitas:** Las *arcillas esmécticas*, también llamadas *bentonitas* en el ámbito de la industria, son materiales detergentes (con capacidad de limpiar). Su extrema porosidad le permite absorber las grasas, por ello es muy utilizado en varios procesos industriales, por ejemplo como emulsionante. En la formación de estas arcillas tienen lugar materiales de origen volcánico, aguas marinas e hidrotermales.
- **Loess:** Los *loess* o *loes*, son materiales sedimentarios arcillosos de origen eólico. Se forman al ser

transportado el polvo del desierto por el viento hacia zonas húmedas. No presenta estratificaciones y por su porosidad absorbe el agua de lluvia sin producir manantiales; esto le faculta como excelentes suelos de cultivo. Está compuesto por granos de cuarzo, feldespato, mica y arcillas. China, con unos 600.000 km<sup>2</sup> de superficie de loess, es la zona más típica en este tipo de materiales; también se encuentran en los valles del Rim y del Mississippi.

- **Margas:** Las *margas* son rocas sedimentarias de aspecto muy similar a la caliza, compuestas por arcillas y carbonato cálcico, generalmente a partes iguales. La proporción entre estos elementos puede no obstante variar; esto se tiene en cuenta en la industria para dedicarlas a uno u otro destino. Por ejemplo, las que tienen una proporción alta de arcillas (*margas arcillosas*) son útiles en la fabricación de ladrillos o tejas; si los componentes están proporcionados o un 15% arriba o abajo cada uno, se dedican a la obtención de cementos; si la mayor proporción es de carbonato cálcico (*margas calcáreas*), se dedican a la obtención de cal.

## 7.2. ROCAS QUÍMICAS.

Las rocas sedimentarias de origen químico pueden ser: *carbonatadas, silíceas, evaporitas, fosfatadas, ferruginosas y calizas de precipitación.*

### 7.2.1. CARBONATADAS.

Las rocas carbonatadas están compuestas, principalmente, de carbonato cálcico y cálcico–magnésico, caliza, dolomía, y otros elementos de precipitación por las aguas mediante procesos químicos o bioquímicos. Se distinguen:

- **Calizas detríticas:** Las *calizas detríticas* son rocas formadas por granos o fragmentos de carbonato del tamaño de arena y cimentados por caliza. Se distinguen las llamadas *calcirruditas* cuando los granos superan los 2 mm., y las *calcarenitas* si son entre 0,06 y 2 mm.
- **Lumaquelas y coquinas:** Las *lumaquelas* (del italiano *lumachella* o caracolillo) y *coquinas* (conchas), son rocas calcáreas sedimentarias formadas por conchas de moluscos, tales como gasterópodos y lamelibranquios, y otros organismos. Se distinguen también las denominadas *calizas nummulíticas*; las cuales están formadas a base de fósiles nummulítidos. Los caparazones de estos foraminíferos han dado lugar a grandes depósitos de de estas rocas, muy abundantes en el Terciario.
- **Encrinitas:** Las *encrinitas* son rocas calizas que, al igual que ocurre con las rocas formadas por algas o corales, en este caso lo es por restos de comunidades de crinoideos, es decir, equinodermos que viven generalmente fijos en los fondos marinos. Estos animales aparecieron sobre la Tierra en el Cámbrico y alcanzaron su auge en el Devónico y Carbonífero. Constituyen el tronco de equinodermos más abundante y variado. Su registro fósil es numeroso.

### 7.2.2. SILÍCEAS.

Las rocas silíceas de origen químico por precipitación son:

- **Sílex:** El *sílex*, o *piedra de pedernal*, es una variedad de cuarzo compacto, de suma dureza, de fractura concoidea y traslúcido en los bordes. Carece de estructura cristalina. El hombre prehistórico lo utilizó para fabricar armas y herramientas. Se llama piedra de fuego o pedernal porque al frotar con fuerza dos fragmentos entre sí, despiden chispas.
- **Calcedonia y ágata:** La *calcedonia* es una roca criptocristalina de sílice en forma de capas concéntricas; es translúcida y de fractura concoidea. Las principales variedades son la *carneola*, (de color rojo sangre o amarillento) *sardónica* (de color amarillo con zonas más o menos oscuras), *crisoprasa* o *calcedonia verde* (de color verde manzana), y *ágata* (con llamativos bandeados de colores); éstas dos últimas son apreciadas en joyería por sus bellas coloraciones. Una calcedonia opaca es el *Jaspe*.
- **Jaspe:** El *jaspe* es una calcedonia de color opaco, generalmente formando vetas de diversas coloraciones. Se

distinguen el *jaspe de Siberia*; variedad pardoverdosa que se encuentra en pequeñas masas en Siberia. *Jaspe de Egipto*; variedad de color pardo o rojo, en trozos ovales arriñonados. *Jaspe negro*; variedad oscura denominada *lidita* o *piedra de toque*, usada para el reconocimiento del oro. Todas estas piedras son empleados en alguna medida en bisutería y ornamentación; el Jaspe de Egipto es muy apreciada en orfebrería.

- **Ópalo:** El *ópalo* es una roca de precipitación por óxido de silicio. Es amorfo o microcristalino, incoloro, blanco o en otros colores, con brillo vítreo o céreo, o irisado. Algunas variedades tienen utilidad en joyería. Se distinguen el *ópalo de fuego*, de color rojo muy encendido; *ópalo girasol*, que amarillea y no destella sino algunos de los colores del iris; y el *ópalo noble*, casi transparente, con juego interior de variados reflejos y hermosos colores.

### 7.2.3. EVAPORITAS.

Las *evaporitas* son rocas sedimentarias de precipitación química, compuestas por sales disueltas resultantes de la evaporación del agua que las contenía en solución, mezclada con arcillas. Se estima que estas rocas son el producto de la evaporación y posterior desecación de grandes lagos salados. Evaporitas son los *sulfatos*, como el *yeso* y la *anhidrita*; y los *haluros*, como la *halita*, *silvina* y *carnalita*. Estas rocas se pueden formar en ambientes marinos o continentales, pero en los marinos deben darse determinados parámetros para que se cierre el proceso, tales como la existencia de zonas endorreicas, albuferas o mares interiores (ejemplo del mar Rojo), mantenerse un alto nivel de evaporación, y que los aportes de agua dulce sea escasa (ausencia de corrientes fluviales).

Las evaporitas presentan unos espesores considerables, esto es debido a que las aguas salinas son renovadas intermitentemente, manteniéndose un proceso discontinuo de precipitación pero acumulativo. Las principales rocas evaporitas son:

- **Yeso y anhidrita:** El *yeso* o *sulfato cálcico hidratado*, y su estado anhidro o deshidratado la *anhidrita* o *sulfato cálcico dihidratado*, es un mineral muy abundante en la naturaleza. Es compacto o terroso y muy blando. Se denomina *piedra de yeso* o *aljez* cuando se presenta en masas compactas; *alabastro* si es en estado granudo puro (una roca blanca y traslúcida); y *selenita* o *espejuelo* si el yeso se muestra cristalizado en láminas. El yeso es un mineral muy utilizado en la industria de la construcción, escultura, en la agricultura para acondicionar las tierras de labor, y últimamente para la obtención de ácido sulfúrico. En ocasiones, los cristales de yeso presentan formas que recuerdan los pétalos de una rosa (*rosa del desierto*), sucede ordinariamente en zonas desérticas.
- **Halita:** La *halita* o *cloruro sódico* (sal), se presenta cristalizado en cubos o en masas compactas. Su estructura fue la primera en determinarse mediante rayos X. Se presenta en agregados granudos, fibrosos y en eflorescencias, formando estalactitas. De la halita se obtiene el sodio, cloro, lejía, sosa cáustica y el ácido clorhídrico. Se utiliza como condimento y en salazones.
- **Silvina:** La *silvina* o *cloruro de potasio*, también llamada *silvita*, es muy parecido a la sal común. Es incoloro, blanco o rosáceo, de sabor salado o amargo. Se utiliza en la preparación de abonos potásicos. Se halla asociada a la *carnalita* en estratos paralelos.
- **Carnalita:** La *carnalita* o *cloruro de potasio y magnesio*, se halla asociada a la sal común y la *silvina*. Es incoloro o rojizo, delicuescente y de sabor amargo.

### 7.2.4. FOSFATADAS.

Las rocas fosfatadas son aquellas que están formadas por depósitos de huesos y excrementos de los animales vertebrados. El *fosfato tricálcico*, por ejemplo, tiene su origen en depósitos de estas materias sobre calizas y areniscas. Se utilizan en la obtención de fósforo y como fertilizante.

### 7.2.5. FERRUGINOSAS.

Las rocas *ferruginosas* (de orín de hierro), son aquellas que contienen hierro o compuestos de hierro. Están formadas por precipitación de los óxidos de hierro en las calizas y areniscas.

### 7.2.6. CALIZAS DE PRECIPITACIÓN.

Las rocas calizas de precipitación más importantes son las formadas en zonas continentales. Se distinguen:

- **Tobas:** Las *tobas* son rocas sedimentarias calcáreas, porosas y esponjosas, formadas por la precipitación y depósito del carbonato cálcico que llevan en solución las corrientes fluviales. También se aplica a los materiales volcánicos consolidados, formado por cenizas y arenas.
- **Travertinos:** Los *travertinos* son rocas sedimentarias formadas por precipitación de *calcita* en cursos de agua, fuentes, manantiales termales, etc. Es porosa y contiene restos de plantas e impresiones. Tienen el mismo origen que las tobas calcáreas, pero éstas son menos duras. **Estalactitas y estalagmitas:** Las *estalactitas* son concreciones de carbonato cálcico que penden de las grietas del techo en cuevas o grutas. Se forman por la infiltración de aguas que contienen altos niveles de sales calcáreas, silíceas, etc. Por su parte, las *estalagmitas*, son concreciones de sales como las que forman las *estalactitas*, pero éstas se construyen sobre el suelo a partir de las gotas que caen; si las *estalactitas* y *estalagmitas* se unen pueden formar columnas.
- **Caliche:** El *caliche* (de cal) es un depósito calcáreo que se manifiesta en regiones áridas. El calor que incide en la superficie provoca la evaporación del agua que asciende por capilaridad. Tras la evaporación, el carbonato cálcico que contiene el agua queda depositado sobre la superficie en forma de costras de carbonato.

### 7.3. ROCAS BIOQUÍMICAS.

Las rocas *bioquímicas*, también llamadas *organógenas*, son aquellas cuyo origen es la sedimentación o precipitación química de organismos, generalmente acuáticos.

#### 7.3.1. CALIZAS BIOHÉRMICAS.

Las calizas *biohéricas* son rocas formadas por colonias de animales marinos. El tipo de organismo puede ser muy variado, por eso se denominan de diferentes formas dependiendo de la especie; *calizas coralinas* (a base de esqueletos de corales), *calizas de algas* (si incluye tallos de algas), etc.

#### 7.3.2. CRETAS.

La *creta* es una roca calcárea, ligera y de grano muy fino, de color blanco o gris. Está formada principalmente por caparazones de foraminíferos. Estos protozoos aparecieron en el Cámbrico, y en el Mesozoico abundaban en tal manera que llegaron a formar cretas de enormes espesores, de ahí que uno de los periodos del Mesozoico se denomine *Cretácico*, en clara referencia a este fenómeno. Para el estudio de los tiempos geológicos, en paleontología y estratigrafía tienen gran importancia los fósiles de foraminíferos.

#### 7.3.3. CALIZAS METASOMÁTICAS.

Las calizas *metasomáticas* son rocas sedimentarias diagenéticas donde los seres vivos, generalmente representados por protozoos y bacterias, sufren un proceso de consolidación por cementación, compactación y recristalización. También puede producirse la diagénesis por cambios químicos. Mediante recristalización se originan determinados mármoles que albergan fósiles, y que no han concluido el proceso de metamorfismo. Por su parte, mediante cambios químicos, se produce la transformación de caliza en dolomía.

#### 7.3.4. SILÍCEAS.

Las rocas silíceas pueden tener tanto origen bioquímico, como orgánico y de precipitación química. Se distinguen principalmente:

- **Espongiolita:** Las *espongiolitas* consisten en rocas sedimentarias de precipitación, formadas a base de finas espículas de esponjas silíceas.
- **Diatomita:** La *diatomita* es una roca sedimentación formada por la acumulación de *frústulas* o caparazones de diatomeas. Cuando la roca aún no está consolidada recibe nombres como *tierra de diatomeas*, *tierra de Trípoli*, *tierra de infusorios* o *Kieselguhr*. Una vez consolidada es de color blanco y muy porosa; esto le faculta para ser utilizada en la industria de fabricación de explosivos, como absorbente de la nitroglicerina. Si la cementación de las diatomeas es silícica, estas rocas adquieren gran dureza y pueden ser utilizadas como utensilio para pulir. Cuando las diatomeas incluyen niveles de arcilla y carbonato cálcico, y este último es aportado en gran cantidad por los caparazones de los microforamíníferos, muestran entonces el aspecto de *margas* (en algunas regiones se denominan *moronitas*).
- **Radiolaritas:** Las *radiolaritas* son rocas sedimentarias de origen orgánico formadas, principalmente, por la acumulación de caparazones silíceos de unos protozoos llamados *radiolarios*. Además de estos seres, las radiolaritas también pueden incluir espículas de esponjas, diatomeas y determinados minerales detríticos, tales como cuarzo, arcilla, etc. La presentación de esta roca es en forma estratificada, y dependiendo de su color (variado del negro al rojo) recibe uno u otro nombre; la de color negro, denominada *pedra de toque* o *lidita*, es muy utilizada en joyería para reconocer el oro.

#### 7.4. ROCAS ORGÁNICAS.

Las rocas orgánicas son aquellas que se han formado por la acción de los seres vivos. Son los los carbones y petróleos.

##### 7.4.1. CARBONES.

Los carbones son rocas sedimentarias de origen orgánico formadas principalmente por carbono amorfo acompañado de hidrocarburos, compuestos orgánicos de naturaleza compleja (glúcidos como la celulosa y lignina), proteínas vegetales y materia inorgánica.

El origen del carbón se debe a una progresiva carbonización de las materias vegetales mediante procesos anaeróbicos (en ausencia de oxígeno). Tras quedar sepultados los restos vegetales en cuencas, las bacterias anaerobias producen reacciones que transforman sus componentes en ácidos húmicos; posteriormente se produce una compactación por presión en capas sucesivas, que junto con la temperatura culmina en la carbonización. La forma de presentación del carbón es primordialmente en secuencias de capas horizontales, combinadas en forma alterna con otras rocas de origen sedimentario. Aunque en el periodo Cuaternario se materializaron yacimientos de carbón, en realidad su formación se remonta al Devónico, consolidándose en abundancia durante el Carbonífero, durante el cual alcanzaron gran desarrollo los helechos y las primeras gimnospermas.

La forma de clasificación de los carbones más utilizada es la que atiende a su contenido en carbono. Así, de mayor a menor se distinguen:

- **Turba:** Las *turbas* son depósitos de materias vegetales en descomposición; se trata del carbón más reciente (entre un 45 y 60% de carbono), y constituye un primer paso en la carbonización natural. El color es más o menos parduzco. Su estructura es porosa, lo que le permite conservar gran cantidad de agua (hasta un 90%); si se seca o pierde el agua se contrae, esto sucede si es expuesta al aire. Las turbas se forman preferentemente en zonas donde predominan los *esfagnos*, unos musgos pertenecientes al género *Sphagnum*. Los esfagnos son propios de lugares húmedos y oligotróficos, y dada la forma de crecimiento en capas alrededor de zonas pantanosas, dan lugar a las llamadas *turberas*. En el proceso, las capas inferiores quedan en condiciones anaeróbicas (en ausencia de aire), esto significa que los organismos mueren y se van

transformando progresivamente en *turba*, un carbón de baja calidad con una mínima potencia calorífica.

- **Lignito:** El *lignito* (de *lignu* o leño) es un carbón fósil de formación reciente (posterior a la hulla). Se trata de un combustible de calidad media (entre un 60 y 75% de carbono) como una turba fosilizada pero de calidad superior a ésta. Se localiza en terrenos secundarios y terciarios. El lignito de textura terrosa se denomina *tierra de sombra*; existe otra variedad compacta llamada *azabache* de color negro, que tiene utilidad en joyería por su capacidad para ser pulida.
- **Hulla:** La *hulla* es un carbón natural negro y brillante, que contiene entre un 80 y 90 % de carbono. También contiene entre 3 y 20% de oxígeno, y entre 1 y 5% de hidrógeno. Se han formado en el Carbonífero a partir de los vegetales típicos de esa era, tales como equisetos, licopodios y helechos arborescentes. De ella se extrae por destilación seca alquitranes, amoniaco y productos volátiles como gases de alumbrado; en forma seca se utiliza como combustible.
- **Antracita:** La *antracita* es un carbón natural de muy alto poder calorífico (posee un 95% de carbono). Arde con mucha dificultad pero desprende mucho calor. Es más brillante que la hulla y presenta una fractura concoidea. Su formación se remonta a los primeros periodos de la era Primaria.

#### 7.4.2. PETRÓLEO.

El *petróleo*, del latín *petro* y *oleu* (piedra y aceite), es un líquido oleoso de color oscuro y fuerte olor, nativo de los estratos superiores de la corteza terrestre. En su composición química se distinguen una variedad de hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos, tales como alcanos, alquenos, naftenos y aromáticos. Arde fácilmente y de él se pueden destilar gran cantidad de productos volátiles, sólidos, aceites pesados, gasolinas, etc.

Aunque es conocido desde la Antigüedad, no fue hasta principios del siglo XIX en que se comenzó a dar valor comercial al petróleo, tras descubrirse una serie de grandes yacimientos en el continente americano.

Se estima su formación a partir de la descomposición de la materia orgánica en determinadas condiciones de presión, temperatura, etc. En una primera fase, en zonas marinas de poca profundidad donde abunda el fitoplancton, los organismos muertos caen al fondo y se depositan mezclados con cienos y arenas, sufriendo una fermentación anaeróbica y transformándose en lo que se denomina *sapropel* o *barros sapropélicos*, es decir, materia orgánica en proceso de putrefacción sin oxígeno. Este paso es el primer eslabón en la formación de los petróleos.

En una segunda fase, el sapropel va sufriendo diversas transformaciones por efecto de los cambios en la presión y temperatura, debido a la continua acumulación de los depósitos orgánicos mezclados con cienos y arenas, dando origen a hidrocarburos. Éstos son al principio muy densos, pero conforme crecen la temperatura y presión en el fondo se van aligerando. Cuando cienos y arenas impregnados de hidrocarburos son sometidos a compactación, se transforman en margas y areniscas, es decir, las rocas madres del petróleo.

Si los hidrocarburos quedan retenidos en la corteza terrestre por rocas impermeables, las llamadas *rocas de cobertura*, o por barreras denominadas *trampas del petróleo*, entonces pueden penetrar en los poros de otras rocas, relleniéndolas y actuando éstas como almacén del petróleo. Si no existieran estas barreras, los hidrocarburos podrían conseguir alcanzar la superficie gracias a su movilidad y compactación de los sedimentos; en este caso, los que consiguen aflorar impregnan las rocas superficiales, las cuales se transforman en los llamados *betunes*.