

## **Tema 6. Los ambientes sedimentarios. Litogénesis. Las rocas sedimentarias más importantes.**

Primer Curso ESO Bloque II: Materiales terrestres  
Segundo Curso ESO. Bloque II: Tránsito de energía en la Tierra. Carbón y petróleo.  
Tercer Curso ESO: Bloque I. Rocas y Minerales.  
1º Bachillerato: Bloque 4: Los procesos petrogenéticos: Ambientes y procesos sedimentarios.. Las rocas sedimentarias.  
2º Bachillerato. Geología optativa: Bloque: Los procesos geológicos

### **SUMARIO**

#### **6.1. El ciclo de las rocas (Ver tema 4)**

#### **6.2. El ambiente sedimentario (generalidades).**

##### **6.2.1. Tipos de sedimentos.**

##### **6.2.2. Agentes de transporte:**

##### **6.2.3. Ambientes de sedimentación:**

##### **6.2.4. Factores físico-químicos de la deposición**

#### **6.3. Diagénesis.**

#### **6.4. Clasificación genética de las rocas sedimentarias**

##### **6.4.1. Rocas detríticas comunes.**

##### **6.4.2. Depósitos residuales**

##### **6.4.3. Carbonatos.**

##### **6.4.4. Ferruginosas.**

##### **6.4.5. Silíceas.**

##### **6.4.6. Fosfátidas.**

##### **6.4.7. Evaporitas.**

#### **6.5. Interés económico de las Rocas sedimentarias.**

#### **6.6. Las rocas de origen orgánico**

##### **6.6.1. El carbón mineral**

##### **6.6.2. El petróleo:**

## 6.1. El ciclo de las rocas (Ver tema 4)

## 6.2. El ambiente sedimentario (generalidades).

Cualquier tipo de material inerte o vivo, superficial o profundo que llegue al dominio de los agentes externos, es decir, a ese campo reducido pero activo que abarca la Geodinámica externa, puede transformarse en sedimentos y terminar formando la clase de rocas que llamamos sedimentarias. La acción combinada de los agentes geodinámicos externos y la naturaleza de la formación rocosa son los factores fundamentales de la destrucción, modelado y arrasamiento.

### 6.2.1. Tipos de sedimentos.

Los principales materiales susceptibles de ser atacados por los agentes externos y convertirse en sedimentos son los que se formaron en condiciones termodinámicamente distintas de las de superficie. Así, los materiales que surgen del interior de la corteza o del manto son fácilmente destruidos y descompuestos por acciones mecánicas y químicas como ocurre con las rocas magmáticas y metamórficas. Otra fuente importantísima de posibles sedimentos son los restos de seres vivos que, al morir y depositarse en ambientes apropiados, pueden dar lugar a extensas concentraciones.

Las propias rocas sedimentarias, si están en situación transitoria, lo mismo que los productos sólidos arrojados por los volcanes y los de origen extraterrestre como los meteoritos.

Aunque todo material al cabo del tiempo puede ser alterado, en líneas generales los productos que se encuentran en la misma fuente de suministro pueden clasificarse químicamente en:

- **Inalterados totales:** cuarzo, circón, etc.
- **Inalterados parciales,** como los feldespatos que aún conservan un núcleo intacto, pero que son pseudomorfizados externamente por caolín, sericita, carbonatos, etc.
- **Secundarios,** o minerales resultantes de la descomposición química, que a su vez pueden clasificarse en insolubles, como las arcillas, y solubles, como carbonatos, cloruros, sulfatos, etc.

Las sustancias de procedencia animal y vegetal suelen incorporarse directamente al sedimento en los fondos marinos, lagunares o pantanosos sin sufrir los cambios de la meteorización. En ellos se llevan a cabo transformaciones de otra índole que darán como resultado el carbón y el petróleo. Otra forma de incorporarse la materia orgánica al sedimento es su transformación en humus del suelo.

### 6.2.2. Agentes de transporte:

El traslado de los sedimentos hasta el lugar de la litificación, depende de la fuerza de los agentes.

La acción del **viento** es muy importante en las zonas áridas. Sólo logran transportar partículas de 0,02 a 2 mm. de diámetro. Las partículas son arrastradas superficialmente o se desplazan por saltación (con breves intervalos de suspensión en el aire). Ambas modalidades suelen combinarse hasta cesar al aparecer un obstáculo insalvable, desaparezca la fuerza del viento o la arena caiga al medio acuático.

La **gravedad** es una fuerza siempre presente y a la que se someten todos los agentes. Hace que el transporte tienda a las zonas bajas del relieve de la corteza terrestre.

Todo **ser vivo**, ya sea vegetal o animal, realiza continuamente un transporte de materiales por diversos procedimientos (Ej. Ciclo del P).

El medio de transporte más eficaz e importante es el **medio acuático**.

Los **glaciares** sólo transportan materiales sólidos con gran lentitud, a pesar de poder transportar grandes masas rocosas (bloques erráticos).

Las **aguas corrientes** transportan materiales en distintas situaciones y a distinta velocidad. Los materiales en suspensión o flotación se mueven a la misma velocidad del agua. Los materiales de más peso o mayor

tamaño son arrastrados por el fondo. Todo esto constituye una operación selectiva y erosiva para los productos inicialmente inalterados. No siempre el destino de estos sedimentos es el mar. A veces (cuencas endorreicas) se acumulan en el interior del continente en espera de fuerzas más intensas para ser removidos.

Los tipos de materiales, los movimientos de las **aguas marinas** y la topografía marina son factores que influyen decisivamente en el transporte de los materiales, unas veces facilitándolo, otras interrumpiéndolo.

### 6.2.3. Ambientes de sedimentación:

Son las extensiones de la superficie terrestre aptas para detener el movimiento de los agentes, provocar el depósito y hasta realizar la litificación de los materiales suministrados. Las áreas de depósito pueden ser continentales, marinas o mixtas.

AMBIENTES	MEDIO	CARACTERÍSTICAS
CONTINENTAL	FLUVIAL LACUSTRE EÓLICO GLACIAR	Detrítico. Clastos redondeados Detríticos y/o salinos según clima, lugar, etc. Detrítico fino. Redondeado, mate Detrítico heterogéneo. Angulosos
TRANSICIÓN o MIXTOS	DELTAÍCO COSTAS	Detrítico medio-fino. Redondeados Detrítico. Tamaño variable. Planos y redondeados
MARINOS	PLATAFORMA ARRECIFAL TURBIDÍNICOS  PELÁGICOS	Detríticos gruesos en costa. Resto fino o muy fino Depósitos químicos. Calcáreos Depósitos muy finos (corrientes de turbidez) en el límite del talud. Muy potentes Orgánicos silíceos y terrígenos arcillosos. Disminuye al alejarse del continente.

#### Continetales:

Dunas en los **desiertos**; en zonas bajas, las ocasionales lluvias o riadas pueden originar lagunas o lagos transitorios, que terminan secándose y sirven de continuo depósito de materiales solubles, como carbonatos, boratos, sulfatos, etc. tal es el caso de las areniscas del Jurásico o en los depósitos salinos del Triásico.

En los depósitos de los **lagos** influyen sobre todo las fuentes de suministro próximas, la situación geográfica o climatológica, la dimensión del lago y su duración. En términos generales se depositan arenas y gravas formando playas; y en el fondo, arenas muy finas, limo y arcillas con mezcla de caliza y material orgánico en porcentajes variables. A veces hay sólo  $\text{CaCO}_3$  con material orgánico y en circunstancias especiales de climas áridos se forman series estratigráficas de sales sódicas, potásicas, cálcicas y magnésicas.

A los **pantanos** los podemos considerar como lagos muy someros cuando en fase de extinción se están llenando de sedimentos. El ambiente pantanoso es muy apropiado para la formación de turba como iniciación de la serie del carbón, para la precipitación del hidróxido de hierro que da lugar al llamado hierro de los pantanos y para la formación del sapropel, barro negruzco formado por arcilla y sustancias orgánicas en descomposición.

En líneas generales, los **ríos** van depositando a lo largo de su cauce, desde el nacimiento, cantos angulosos, cantos rodados, gravas, arenas y limos, con aportes de restos vegetales y animales, sobre todo en su tramo final. Durante algunos períodos, la sedimentación de limos, arcilla y materia orgánica da lugar a la formación de fértiles vegas. El resto de agentes fluviales, suelen dar depósitos caóticos, al pie de las montañas, que, con el tiempo, son movilizados por nuevos agentes de transporte.

En el ambiente de **aguas subterráneas (kárstico)**, se forman las conocidas estalactitas y estalagmitas, se rellenan grietas, poros, intersticios, etc. con  $\text{CaCO}_3$ , que sirve de cemento de unión de rocas detríticas o se deposita sobre plantas dando lugar a tobas. Las margas al descalcificarse originan depósitos de arcilla.

La **sedimentación glaciár** es de tipo detrítico, caótica y sin estratificar, como prueban los depósitos morrénicos que dan lugar a las tillitas. Íntimamente relacionado con este ambiente está la formación de varvillas en los lagos de dicho origen. El reconocimiento de muchos períodos geológicos, incluso precámbricos, de sedimentos glaciares y afines son de gran ayuda en Paleogeografía y Paleoclimatología.

### Transición o Mixtos:

En la zona entre la pleamar y la bajamar (**mareal**), de extensión variable, los sedimentos se disponen de forma paralela a la costa, comenzando por cantos, arenas con fragmentos de conchas, limos y arcillas. No obstante cada tipo de costa tiene sus peculiares características.

En las **albuferas**, existe una sedimentación previa provocada por corrientes marinas que originan la barra que la irá separando del mar. En su fondo se encuentran materiales finos, como limos, que los movimientos marinos van sacando de la arena, y restos de animales y vegetales. Si la laguna se cierra adquiere gran importancia el depósito de sales y de organismos muertos por el exceso de salinidad.

En **estuarios** el juego de fuerzas contrarias, fluviales y mareales. Originan barras, con concentración de los materiales más finos, separadas por canales de fondo con concentración de materiales más gruesos. Arenas, limos y restos orgánicos son los materiales más frecuentes. En los deltas el ambiente es bastante complejo influyendo lo fluvial y lo marítimo litoral con derivaciones a lo pantanoso y lacustre; la sedimentación es complicada mezclándose los depósitos marinos, fluviales y eólicos, alcanzando grandes espesores los restos vegetales. En las columnas geológicas se reconocen depósitos deltaicos en varios períodos, como el Pleistoceno, Mioceno, Eoceno, Cretácico, Carbonífero y Ordovicense.

El estudio paleontológico y estratigráfico de las rocas sedimentarias de muchos períodos demuestra que organismos como los corales han contribuido con sus restos a originar grandes formaciones rocosas calcáreas en **ambiente arrecifal**; a los organismos que crecen en el fondo se les añaden los fragmentos de esqueletos, conchas destruidos por el oleaje, arenas, algas calcáreas, etc. hasta constituir un complejo arrecifal que en algunos casos es apto para constituirse en roca almacén de petróleo.

### Marinos

El **ambiente nerítico** tiene dimensiones muy variadas según las zonas, no obstante existen características comunes a todos ellos, como es la variabilidad, que contrasta con la constancia de otros ambientes marinos. Las olas y corrientes de fondo remueven los sedimentos y la vida bentónica es muy variada. La sedimentación en este ambiente es cuantitativamente la más importante (80 % del total), siendo los sedimentos de arena, arcillas, calizas y restos orgánicos calcáreos. Este ambiente puede tener características parecidas a alguno de los ambientes mixtos a los que nos hemos referido.

En el **ambiente batial** los depósitos son de arenas finas, fangos, lodos, organismos calcáreos (foraminíferos y globigerinas), u organismos silíceos (diatomeas y radiolarios), todos ellos planctónicos. En este ambiente de quietud los materiales se asientan lenta y permanentemente, aunque de manera local. No obstante las corrientes de turbidez llevan a los sedimentos a zonas más profundas, seleccionándolos.

En **ambiente abisal** es afótico, presiones de más de 135 atm., siendo sus sedimentos casi exclusivamente restos silíceos, ya que los calcáreos (sólo llegan hasta los 3.500 m.) se disuelven antes de descender. También se encuentra arcilla de origen discutido (polvo eólico o volcánico, sedimentos continentales arrastrados por corrientes de turbidez o restos de alteración de rocas ígneas submarinas)

### 6.2.4. Factores físico-químicos de la deposición

Como hemos visto la sedimentación es la acumulación de materiales transportados por los agentes externos en las cuencas de sedimentación. Se produce cuando la capacidad de transporte de dichos agentes disminuye al hacerlo la energía de transporte (decantación por gravedad), o la variación de las condiciones físico-químicas del medio de transporte, de la cuenca de sedimentación o de ambos, hecho que, como veremos, produce la precipitación química de los iones disueltos en aquella.

La decantación de los sedimentos detríticos se produce de acuerdo con las siguientes leyes:

- Si el tamaño del grano  $> 1\text{ mm}$  se sedimentan según la ley de impacto ..  $V_s = C\sqrt{d}$ , en la que  $V_s$  es directamente proporcional a la constante  $C$ , resultante de la diferencia de densidades entre la partícula transportada y el fluido de transporte.
- Si las partículas son  $< 0.1\text{ mm}$ , su sedimentación se produce de acuerdo con la ley de Stokes

$$V_s = \frac{2}{9} \cdot g \cdot \frac{D_p - D_f}{\eta} \cdot r^2$$

$\eta$  = viscosidad del fluido;  $D_p$  = densidad de la partícula,  $D_f$  = densidad del fluido;  $r$  = radio de la partícula

En la mayor parte de los ambientes aludidos el agua tiene singular importancia. Proporciona  $\text{OH}^-$  y  $\text{H}^+$ , produce hidrólisis en los minerales, disuelve sustancias y es el medio adecuado para multitud de reacciones que pueden terminar en precipitación.

En los ambientes acuáticos es importante el **POTENCIAL IÓNICO**, ( $Z/r$ ) en donde  $Z$  = carga del ión y  $r$  = radio. Los elementos de bajo potencial iónico como el K, Na, Ca y Mg, tienen tendencia a permanecer en disolución. Los de  $Z/r$  intermedios precipitan en hidrosilicatos, y los de alto  $Z/r$  como el C, P, N y S, se unen al oxígeno y dan iones carbonato, fosfato, nitrato y sulfato solubles. El paso del  $\text{Fe}^{++}$  a  $\text{Fe}^{+++}$  por oxidación aumenta su potencial iónico (al aumentar la carga) y provoca la precipitación de goethita y lepidocrocita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ). La limonita es una mezcla de estos dos hidróxidos, por lo que no es un mineral en sentido estricto, sino que corresponde a un mineral compuesto por minerales de Fe que, en general, son óxidos hidratados.

Los minerales de arcilla, en climas tropicales, se alteran, pasando a sílice en solución y a un conjunto de hidróxidos de aluminio, que también es hidrolizable como el hierro. Entre estos hidróxidos se encuentra la bohemita y la diáspora [ $\text{AlO}(\text{OH})$ ] y la gibbsita  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Una mezcla de las tres constituyen las bauxitas, menas del aluminio. Las lateritas son suelos tropicales con limonitas, bauxitas y arcillas.

La **CONCENTRACIÓN DE IONES HIDRÓGENO** o pH influye decisivamente en la deposición y cada sustancia posee sus particulares curvas de solubilidad. La sílice y la alúmina son solubles a un  $\text{pH} \geq 10$ ; a  $\text{pH} = 8$  la sílice sigue siendo soluble pero no la alúmina, precipitándose como minerales bauxíticos. Para  $\text{pH} = 4-5$ , ambos precipitan formando arcilla caolínica.

También los **POTENCIALES DE ÓXIDO-REDUCCIÓN**, es decir, la tendencia a la pérdida o ganancia de electrones medida como fuerza eléctrica (voltios), provoca determinadas reacciones que acaban en precipitación si el pH resulta propicio. Los minerales de Fe a un  $\text{pH} = 7-8$ , un alto potencial influye para que se forme hematites, un potencial medio favorece la formación de siderita, y uno bajo es adecuado para la formación de pirita.

Otros aspectos físico-químicos que influyen en la sedimentación son: las acciones de iones comunes, la concentración de determinado elemento, y la presencia de catalizadores.

La descomposición del feldespato potásico (ortosa) puede servirnos de ejemplo para comprender los procesos de alteración química. En este proceso interviene, además del agua el  $\text{CO}_2$  atmosférico que, al disolverse, da  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , que al hacer variar el pH, favorece el proceso de hidrólisis. La ortosa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) reacciona con el ácido y el agua y se transforma en arcilla ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), además de  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (soluble en agua) y sílice que precipita. El  $\text{H}^+$  desplaza al  $\text{K}^+$  de la estructura de la ortosa, rompiéndola. El hidrogenión se combina con el silicato de aluminio para formar el nuevo mineral de arcilla (caolín). En la siguiente tabla citamos los minerales más frecuentes que resultan de la meteorización de las rocas ígneas.

MATERIAL PRIMARIO	COMPOSICIÓN	PRODUCTOS ALTERACIÓN	
		MINERALES	OTROS PRODUCTOS
ORTOSA	$\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{K}$	Arcilla, cuarzo coloidal	Sílice en disolución
CUARZO	$\text{SiO}_2$	Granos de cuarzo	Sílice en solución
ALBITA y ANORTITA	$\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Na}$ y $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8\text{Ca}$	Arcilla, Calcita y cuarzo coloidal	Sílice y carbonatos de Na y Ca
BIOTITA, AUGITA y HORNBLENDA	Aluminosilicatos de Fe, Mg y Ca	Arcilla, calcita, Limonita, Hematites ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), cuarzo	Sílice y carbonatos de Ca y Mg solubles
OLIVINO	$\text{SiO}_4(\text{FeMg})$	Limonita, Hematites, Cuarzo	Sílice y carbonatos de Ca y Mg

En cuanto a la a la facilidad de alteración de estos diferentes minerales primarios en líneas generales puede decirse que:

El olivino es el menos resistente a la alteración, seguido de piroxenos y anfíboles junto con el feldespato potásico. La ortosa es el feldespato menos alterable, biotita y moscovita son más estables (la moscovita más que la biotita) y el cuarzo es el más resistente. (**Serie de Goldich (1938) inversa a la de Bowen**)

### 6.3. Diagénesis.

En sentido amplio, sedimento o roca sedimentaria se considera tal desde que es un producto resultante de la meteorización, aunque esté suelto y expuesto a nuevas transformaciones y transportes. En sentido estricto es un material que alcanza un reposo estable dentro de la fase sedimentaria y se litifica o petrifica. Se le llama **Singénesis** al proceso de deposición de los sedimentos en las cuencas sedimentarias.

El término **Diagénesis** abarca todos los cambios que resultan durante y después de la petrificación, siempre que se produzcan a bajas temperaturas y presiones. Es consecuencia de la acción conjunta de procesos físicos, químicos y biológicos. Afecta a las partículas minerales y al agua intersticial.

La **autigénesis** es el origen de nuevos minerales estables dentro de las condiciones físico-químicas de los ambientes sedimentarios y de la litificación sedimentaria.

En un sedimento pueden reaccionar las partículas con su cemento, o los distintos componentes entre sí, como ocurre entre la arcilla y los óxidos de hierro, que terminan dando sílico-aluminatos de Fe. La formación de minerales autógenos se logra a partir de los iones disueltos en el agua, procedentes de la diferenciación geoquímica ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_4^{4-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , etc.). Se forman así minerales autógenos como el cuarzo, los feldespatos, los carbonatos (calcita y dolomita), minerales de arcilla, yeso, pirita, etc. Son, por tanto, de nueva formación y no los que poseía la roca madre. Se encuentra, a menudo, como cristales perceptibles distribuidos esporádicamente en la roca como nódulos en el interior de las mismas.

**Los grados de petrificación o Diagénesis son:**

- Físicos: Compactación,
- Físico-químicos: Cementación, Recristalización, Autigénesis y Metasomatismo.

La **compactación** consiste en reducir el espacio entre partículas y expulsar parte del contenido en agua, perdiendo porosidad y reduciéndose el volumen. La causa de la compactación es la presión confinante (peso de los sedimentos superiores). El grado de compactación depende de ella y del tipo de materiales. En las arenas el volumen puede reducirse a 4/5, en las arcillas el volumen original puede reducirse a 1/5 por su gran contenido en agua; en la caliza la reducción es pequeña ya que es poco porosa.

La **cementación** es el relleno de los huecos por la disolución que atraviesa los poros, al recorrerlos van precipitando diversas sustancias que actúan de cemento de los granos. Los cementos más corrientes son el  $\text{CaCO}_3$ , el sílex, óxido de hierro, arcilla y sulfato cálcico.

La **recristalización** es la cristalización de lo que antes estuvo cristalizado y fue destruido. A veces ocurre que el agua retenida en un sedimento disuelve en parte los propios minerales y termina depositándolos en otro lugar del sedimento. Este fenómeno es frecuente en depósitos calcáreos y silíceos.



Desde el punto de vista de su dinámica la **diagénesis** se puede dividir en tres etapas:

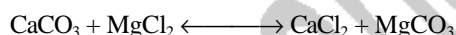
- a) **Sindiagénesis**: Muy relacionada con la sedimentación. Los sedimentos están sometidos a condiciones oxidantes o neutras, que cambian a reductoras a medida que aquéllos se entierran. Se produce neoformación de minerales: neoformación oxidante o reductora.
- b) **Anadiagénesis**: El agua intersticial ha sido comprimida y se reparte por el sedimento hasta encontrar condiciones de cementación; los solutos que lleva disueltos precipitan para formar *cemento*. Casi no existe actividad orgánica. La neoformación de minerales se produce por reacción de los minerales preexistentes con el agua intersticial, junto con la cementación. Se originan concreciones.

A mayor profundidad, se expulsa el agua intersticial, se deshidratan los minerales, se deforman los granos minerales y se producen otros procesos (recristalizaciones, disolución por presión,...), todo lo cual origina el endurecimiento completo del sedimento.

A veces, durante la diagénesis, aparecen fluidos externos que aportan elementos químicos que cambian la composición del sedimento; en este caso se habla de metasomatismo.

El **Metasomatismo** es el cambio de un mineral por otro de distinta composición. Puede servir de ejemplo la dolomitización. La dolomita es un mineral importante para la industria que se forma por un proceso de metasomatismo de sustitución. Supone la reacción química entre los minerales que forman la roca inicial y el medio, generalmente fluido, que la rodea.

La **dolomitización** comienza en el mar durante la sedimentación y continúa durante la diagénesis. Se produce en aguas litorales ricas en  $\text{Cl}_2\text{Mg}$ , al reaccionar esta con el lodo cálcico:



Cuando se ha producido aproximadamente un 46 % de magnesita, esta reacciona con el 54 % de  $\text{CaCO}_3$ , para formar la dolomita  $(\text{Ca,Mg})(\text{CO}_3)_2$ , habiendo, por tanto, una sustitución de parte del Ca del  $\text{CaCO}_3$  por parte del Magnesio del  $\text{MgCl}_2$  del medio exterior al lodo cálcico.

Los procesos diagénéticos desembocan en los llamados procesos epigenéticos, que son los cambios que ocurren después de la formación de la roca y antes de que el metamorfismo las afecte, siendo la epigénesis el primer paso hacia el metamorfismo.

- c) **Epidiagénesis**: Etapa preerosiva que se produce cuando la roca sedimentaria pierde carga de sedimentos y materiales suprayacentes antes de volver a entrar en contacto con los agentes atmosféricos.

## 6.4. Clasificación genética de las rocas sedimentarias

Uno de los criterios para la clasificación de las rocas sedimentarias suelen ser de tipo químico y responden a cuatro aspectos: Contenidos en carbonatos, cuarzo, arcilla y pedernal, se representan mediante diagramas triangulares.

La clasificación más frecuente es dividir las en tres grupos: Detríticas, Químicas y Organógenas. Una clasificación que tuviera en cuenta, además de la génesis, la composición química, podría ser la que proponemos. En ella mantendremos el grupo de las rocas detríticas y varios grupos químicos, en los que no van incluidos las rocas orgánicas (carbón y petróleo) que se recogen en apartados específicos. El criterio empleado es el siguiente:

**ROCAS SEDIMENTARIAS**: 1. Detríticas comunes, 2. Piroclásticas, 3. Carbonatos (Químicos y orgánicos), 4. Silíceas (Químicas y orgánicas), 5. Fosfátidas (Química y Orgánicas), 6. Evaporitas, 7. Ferruginosas, 8. Orgánicas (Carbonosas y Petrolíferas).

### 6.4.1. ROCAS DETRÍTICAS COMUNES.

Son las más corrientes y abundantes, proceden de todo tipo de roca meteorizada, transportada y sedimentada. El tamaño de los fragmentos, su forma y el material que los cementa nos servirá para caracterizarlas. Según J. Boucart hay 12 grados; pero la clasificación más usual es la de Krynine.

La forma de los fragmentos es función de su rodamiento. En Sedimentología el aspecto de los granos (angulosos, rodados, etc.) es expresado por el índice de esfericidad, achatamiento, redondez, a partir de un técnica de medidas que no vamos a explicar.

El cemento que une los distintos fragmentos procede de posteriores disoluciones y se introduce en los espacios huecos. La cementación es una fase importante de la petrificación sedimentaria, se puede hablar de "roca" en sentido estricto. Los cementos más comunes son: silíceos, calizos, arcillosos, ferruginosos y, en ocasiones, carbonato de magnesio.

Manteniendo el criterio amplio de que un sedimento suelto es ya una roca sedimentaria, dividiremos el grupo de las rocas detríticas en sueltas y cementadas, para fijarnos luego en el tamaño de los fragmentos, su cementación y, en algún caso, su punto de petrificación.

**CONGLOMERADOS.** Fragmentos comprendidos entre los 50 mm. y la grava, cementados por materiales silíceos, calizos, arcillosos o heterogéneos. Se encuentran en toda las épocas geológicas.

**Pudinga.** Con los fragmentos redondeados, pudiendo ser de la misma composición o no, y presentar buena o escasa selección<sup>1</sup>

**Brechas.** Los fragmentos son angulosos, de composición diversa, escasamente seleccionados. Son de origen fluvial o torrencial.

**Tillitas,** son brechas formadas a partir de depósitos morrénicos glaciares. Sus cantos son angulosos, dispersos en la matriz (sin contacto entre ellos) y de composición diversa. También presentan estos caracteres los depósitos formados por deslizamientos de barro, pero en este caso los cantos no aparecen estriados ni facetados.

**ARENISCAS (SAMMITAS).** Son de gran complejidad y extensión. Abarca las cementadas de grano medio (gravillas y arenillas). Pueden aparecer bien estratificadas, con estratificación masiva o cruzada. Para su clasificación se tiene en cuenta su composición mineralógica (contenido de feldespatos respecto al resto de fragmentos), contenido en cuarzo y la cantidad de matriz (M) y cemento (C).

	M > C		M < C	
Feldespatos > Fragmentos de rocas	Grauvacas feldespáticas	Arcosas	Subarcosas	Ortocuarcitas con menos 5 % sílex
Feldespatos < Fragmentos de rocas	Grauvacas líticas	Subgrauvacas	Protocuarcitas	Ortocuarcitas con más del 5 % sílex
% cuarzo	Variable > 75 %	75%	75 - 90 %	más del 90 %

**Ortocuarcitas.** El 90 % o más son granos de cuarzo que, a veces, se refuerzan con cemento silíceo (piedra de molino). Pueden proceder de cualquier tipo de roca (con frecuencia proceden de rocas detríticas) que han sufrido una intensa meteorización química que ha eliminado los minerales inestables. Pueden ser depósitos de mares epicontinentales, de playa o de antiguas dunas de origen eólico.

**Molasas.** Desciende la proporción de granos de cuarzo y el cemento es calizo.

**Arcosas.** Fragmentos descompuestos de granito, cemento arcilloso o calcáreo. Tienen poca matriz o cemento, con poros casi vacíos, por lo que probablemente se formaron debido a la erosión rápida de rocas ígneas o metamórficas.

**Grauvacas.** Tonalidad oscura, sus granos tienen origen diverso (pizarras, granito, etc.), cemento variable, casi siempre arcilloso (un 15 %), el 75 % de los granos son de cuarzo; los granos son angulosos y aparecen con estratificación gradada. Aparecen asociadas a sedimentos marinos (radiolarios) y lavas submarinas en zonas orogénicas..

**Subgrauvacas o areniscas líticas.** Intermedias entre ortocuarcitas y grauvacas, con un 75 % de cuarzo. Presentes en casi todos los períodos geológicos. Presentan cemento calizo. Son las más abundantes de todas las areniscas (35 %). Sus caracteres indican un medio de sedimentación marítimo o costero.

<sup>1</sup> estas características ayudan a entender su origen.



**PELÍTICAS o ARCILLOSAS.** Granos de polvo (arcilloso, de limo, del cieno o del fango) cementados. Pueden tener una cierta esquistosidad, lo que las acerca las metamórficas de bajo grado. Según el tamaño de sus partículas distinguimos **limos** (entre 0'02 y 0'05 mm), o **arcillas** (< 0'02 mm).

Ambos tipos de partículas mezclados con agua forman el fango, que por desecación da lugar a limolitas y arcilitas.; cuando aparecen con estratificación laminar se les llama **lutitas** y cuando tienen estratificación masiva, fangolitas.

Contienen minerales de neoformación, especialmente micas, cuya orientación paralela confiere a la roca una textura foliada (**argilitas y pizarras arcillosas**)

En la siguiente tabla se clasifican las arcillas según el tamaño de sus clastos y su compactación

Aleuritas o limos entre 0'063 y 0'02 mm	+ H <sub>2</sub> O = Fango	Limolita	Argilita	Pizarra
Arcillas (s.s.) < 0'02 mm		Arcillita		
No endurecidas		Endurecidas	Metamorfismo incipiente	Metamórficas

**Limolitas**, originarias a partir de limo o fango. Contienen escamas u hojuelas de mica, clorita y minerales arcillosos. Poco frecuentes.

**Argilitas.** Arcillas consolidadas. Numerosas variedades según el mineral predominante (caolinita, montmorillonita, etc.).

**Pizarras sedimentarias**, descendientes de argilitas y limolitas tras un proceso de litificación (ligero aumento de presión y de  $t^\circ$ ). Son las más abundantes entre las sedimentarias (para algunos son las primeras metamórficas), la mayoría están integradas por cuarzo, minerales arcillosos y cloríticos, y diversas sustancias variadas. Las pizarras propiamente dichas son rocas metamórficas, que, aunque sean de bajo grado de metamorfismo, han sufrido transformaciones más intensas que las argilitas.

**Margas.** Rocas mixtas de argilita y caliza. Si el porcentaje de uno de sus componentes supera el 65 % se las califica de arcillosas o calcáreas; por enriquecimiento progresivo en uno u otro pasan a formarse arcilla o calizas. Se forman en ambientes subacuáticos tranquilos, no sólo marinos; por ejemplo, en plataformas marinas, lagoons y lagos.

**Loess.** Es un depósito de polvo transportado por el viento, mal consolidado y sin estratificar. Predominan el cuarzo y minerales de la arcilla. Los mantos de loess suelen superar mantos de 30 m. de espesor. Originarios del Cuaternario, son muy poroso y constituyen un buen suelo de cultivo.

Las arcillas se pueden clasificar por su aspecto y composición en:

- Arcillas negras y carbonosas: Ricas en materia orgánica y pirita. Se separan en láminas finas. Se cree que se formaron en ambientes pobres en oxígeno, en aguas estancadas formadas por capas de agua dulce sobre otras más saladas (Mar Negro). También parece que se han formado en mares profundos y ambientes pelágicos pobres en oxígeno.
- Arcillas silíceas: Tienen un 85 % de sílice procedente de sílice amorfa (ópalo) o de origen volcánico. Compactas, duras y resistentes a la meteorización. La sílice puede tener origen bioquímico.
- Arcillas aluminicas: Un 15 % de  $Al_2O_3$ . Se cree que proceden de la alteración de bauxitas.
- Arcillas ferruginosas: Con más del 6'5 % de óxidos de Fe; además contienen sulfuros, silicatos o carbonatos de Fe. Proceden de sedimentos formados por mezcla de arcilla y de mineral de precipitación rico en Fe.
- Arcillas potásicas: Contienen un 3'6 % de  $O_2K$  o más.
- Arcillas rojas de grandes fondos oceánicos: Tapizan los fondos submarinos por debajo de 4000 m de profundidad. Se originan por alteración de materiales volcánicos y contienen trazas de caliza.

## 6.4.2. DEPÓSITOS RESIDUALES.

Las **bauxitas** son concentraciones residuales de óxidos e hidróxidos de aluminio en climas tropicales y subtropicales a partir de rocas aluminicas.

**Piroclásticas**. Rocas clásticas de origen volcánico. Muchos autores las ubican como rocas volcánicas y no como rocas sedimentarias. (Ver tema 10. Volcanes).

### 6.4.3. CARBONATOS.

El anión carbonato es el predominante. Los cationes predominantes son  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , y, en menor cantidad,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Ba}^{++}$ , etc. El carbonato puede tener tres procedencias: a partir de disoluciones que lo precipitan, a partir del exoesqueleto de seres vivos, y a partir de rocas carbonatadas más antiguas.

Es frecuente, salvo excepciones (conglomerados conchíferos, estalagmitas, etc.), que la procedencia del carbonato de una roca sea mixta. La clasificación suele tener en cuenta el catión predominante.

#### CALIZAS INORGÁNICAS

Están formadas principalmente por los minerales calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), o dolomita ( $\text{CO}_3)_2\text{CaMg}$ ; si el contenido de la roca en calcita es  $> 90\%$ , la roca es una caliza; si es  $< 90\%$  el contenido en dolomita, la roca es una dolomía; las rocas de composición intermedia son poco frecuentes. Estas rocas pueden contener minerales arcillosos y, a veces, cuarzo detrítico, nódulos de sílex, pirita, siderita, etc.

Las calizas son las rocas carbonatadas más abundantes; presentan un aspecto muy variado, tanto por su textura como por su color, producen efervescencia con el CIH frío.

Durante la diagénesis de las calizas sufren con frecuencia recristalizaciones formándose vetas de grano grueso en calizas de grano fino. También pueden sufrir metasomatismo y transformarse en dolomías.

**Calizas oolíticas o pisolíticas**. En razón al tamaño de los granos de caliza (huevos de pez o guisantes). Presentan estructura concéntrica alrededor de los granos de otro material. Se depositan, por precipitación coloidal, en lagos o en mares cálidos poco profundos de aguas fuertemente agitadas; suelen aparecer relacionadas con arrecifes coralinos.

**Calizas litográficas**. De grano muy fino. Dada su escasa porosidad (son muy compactas) se usa en litografía, ya que permite el dibujo y la penetración de diversas coloraciones de tintas. Suelen encerrar fósiles muy bien conservados. Las más finas (Jurásico de Solenhofen en Bohemia) suelen precipitar en ambientes marinos por acción bacteriana. No suelen contener fósiles pero, cuando los contienen, están muy bien conservados.

**Travertino calizo** es también resultado de la evaporación del agua que lleva disuelto bicarbonato cálcico y precipita como estalagmitas, estalagmitas, columnas, etc. y demás depósitos kársticos.

**Caliche**, es una costra de  $\text{CaO}$  que se forma en zonas semiáridas a partir de otras rocas carbonatadas. Los de Chile, Bolivia y Perú son muy apreciados por contener, hasta en un  $50\%$ , nitrato sódico y sales potásicas, por lo que algunos las consideran como evaporitas.

#### CALIZAS ORGÁNICAS.

Originadas a partir de estructuras esqueléticas de seres vivos (moluscos, braquiópodos, equinodermos, foraminíferos), o debidas a la formación de materia mineral por la actividad de los mismos (corales).

**Calizas algáceas**, son raras ya que se originan a partir de algas calcáreas. Se las conoce desde el Precámbrico.

**Calizas de Foraminíferos**. Suelen servir como fósiles característicos de depósitos de mares cálidos de escasa profundidad. Las calizas fusulinas del Carbonífero, las de orbitolinas del Cretácico y las de nummulites del Eoceno, son ejemplos característicos de depósitos de estos protozoos.

**Calizas coralinas**. Grandes depósitos del exoesqueleto de este grupo de antozoos coloniales. Forman, junto a esponjas, algas, briozoos y crustáceos, los arrecifes coralinos. Durante la diagénesis pueden sufrir dolomitización, lo que hace irreconocible a los fósiles.

**Caliza conchíferas, Lumaquelas o coquinas.** Conglomerado de conchas de lamelibranquios, su presencia indica ambientes neríticos.

**Encrinitas.** Formadas por acumulación de fragmentos de caparzones de equinodermos (crinoideos sobre todo).

**Tobas calizas.** Delgados depósitos esponjosos alrededor de manantiales, filtraciones o sobre plantas por evaporación del agua rica en carbono. El  $\text{CO}_3\text{Ca}$  es fruto de la actividad fotosintética de las plantas. Se forman en las proximidades de ríos, manantiales, a menudo contienen conchas de moluscos de agua dulce.

### **CALIZAS MIXTAS.**

Estratos de calizas de origen químico, orgánico y clástico.

**Creta.** Conjunto de fragmentos con cemento calizo. La fracción detrítica es muy variada (arcilla, cuarzo, óxidos de Fe), y la parte orgánica está representada por foraminíferos y algas microscópicas. Las distintas variedades están en función de la cantidad de los distintos ingredientes. De su importancia da idea la denominación de un período, el Cretácico, del Mesozoico.

### **OTROS CARBONATOS.**

Magnésicos, ferrosos y cálcico-magnésicos. Salvo las dolomías, tienen poca importancia como rocas; sólo la tienen como accidentes geoquímicos de interés económico para la obtención de Fe y de Mg.

**Dolomías.** Formadas por dolomita (carbonato mixto de Ca y Mg). Se parecen a las calizas de grano fino. Suelen aparecer interestratificadas con areniscas, argilitas, evaporitas y calizas. Suelen carecer de fósiles. Al parecer su origen es por un proceso de metasomatismo (dolomitización), también se sostiene la teoría de que se forman por precipitación directa. Es más dura y densa que la caliza y produce poca efervescencia con el CIH diluido, ocupando extensiones considerables en las series sedimentarias.

**Magnesita.** Origen confuso, se explica por la acción de disoluciones ricas en Mg sobre calizas o aguas carbónicas sobre silicatos de Mg.

**Siderita.** Asociada a sulfuros (filonianos) o arcillas. Se forma por la acción de soluciones de Fe sobre caliza.

**Ankerita.** Participa en las formaciones dolomíticas.

Folk, para elaborar su clasificación de las calizas, tiene en cuenta los siguientes elementos:

- Elementos **terrágenos**. Son los componentes de la roca sin composición calcárea y que genéticamente proceden de fuera de la cuenca de sedimentación donde se van a formar las calizas. Normalmente, los elementos terrígenos se distribuyen cuantitativamente en las rocas atendiendo a su resistencia a la alteración (un mayor nº de terrígenos corresponde con los minerales más resistentes. (Ver Goldich).
- Elementos **aloquímicos**. Calcáreos que han sido transportados a la cuenca. Se distinguen:
  - Intraclastos*: forman el esqueleto de la roca. Pueden tener origen orgánico aunque normalmente son inorgánicos y tienen un carácter deposicional más o menos claro (oolitos<sup>2</sup>).
  - Los pelets** o estructuras peletoidales, unidades carbonáticas de aspecto micronodular de origen tanto orgánico como inorgánico.
- **Fósiles**.
- Los elementos apuntados hasta aquí forman el esqueleto de la roca, esqueleto que queda unido por los últimos elementos considerados **ortoquímicos** (micrita, esparita), que son materiales calcáreos formados en la cuenca que actúan como matriz entre los terrígenos y los aloquímicos (micrita), y cementan todo el conjunto. Estos elementos nos permiten conocer las características físico-químicas y deposicionales de la cuenca y a veces fenómenos diagenéticos posteriores a la sedimentación.

---

<sup>2</sup> estructuras carbonáticas concéntricas, con crecimiento centrífugo alrededor de núcleos de distinta composición

- Las **calacarenitas** están formadas por granos, bioclastos u oolitos cementados por esparita. Se forman en aguas agitadas y que, a pesar de ser materiales originados en procesos químicos o bioquímicos, han sido resedimentados mecánicamente dentro de la cuenca.

#### 6.4.4. FERRUGINOSAS.

Contienen más de un 15 % de Fe. El Fe disuelto precipita (por la acción del pH, bacterias, algas, etc.), en condiciones adecuadas, en forma de óxidos, hidróxidos, carbonatos o silicatos.

En función del contenido y del tipo de mineral de Fe presente en las rocas ferruginosas, éstas suelen clasificarse:

- Con óxidos e hidróxidos de Fe están como Limonita y hematites roja;
- Con carbonatos como siderita;
- con sulfuros (pirita y marcasita);
- con silicato como glauconita y chamosita (clorita). Algunas tienen interés económico.

#### 6.4.5. SILÍCEAS.

Ampliamente representadas en las detríticas, aquí sólo nos referimos a las que resultan de un proceso químico o a la acumulación de sílice proveniente de restos orgánicos.

El **Pedernal** es de origen químico. Presenta muchas variedades, se forma por precipitación directa, por metasomatismo o por silicificación de las calizas. El travertino calizo se forma por la precipitación de sílice de las aguas termales.

Las **Diatomitas** son de origen orgánico, a partir de las frústulas de sílice (ópalo) de las diatomeas; suelen contener también minerales arcillosos, espículas de esponjas y restos de radiolarios. Las hay de agua dulce, que son de aspecto masivo, de color claro, y de origen marino, que son oscuras y de aspecto laminar.

Las **Radiolaritas** a partir del exoesqueleto de Radiolarios, y las **Espongiolitas**, por esponjas silíceas; también contienen cuarzo detrítico y minerales arcillosos.

#### 6.4.6. FOSFÁTIDAS.

Pese a su escasa representación, su interés como abonos las hace muy importantes. El **Apatito** ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$  mineral accesorio frecuente en rocas magmáticas) se disuelve por la acción de aguas carbónicas, precipita (lagos, mar), pasa a los vegetales, de ahí a los animales, de donde vuelve al suelo. Puede precipitar directamente o depositarse como restos orgánicos. Si sus concentración es elevada forman la Fosforita microcristalina, aunque lo normal es la presencia de colofana.

**Guano.** Se forma por depósito de excrementos de aves marinas en el Pacífico Sur.

#### 6.4.7. EVAPORITAS.

Son solubles en agua y forman depósitos cuando se evapora (lagos, albuferas y mares interiores). Se les llama rocas cristalinas dadas sus condiciones de precipitación. Entre los minerales más frecuentes que la integran están: yeso, sal común, silvina, anhidrita, nitro, nitratina, etc.

Los factores que determinan la precipitación de las evaporitas son:

**T<sup>a</sup>:** al aumentar aumenta la solubilidad de las sales.

**Composición y solubilidad:** En la solubilidad de las sales influye el llamado **ión común**, de manera que, si hay iones comunes, disminuye la solubilidad, y si no los hay, aumenta.

Así en una disolución con NaCl y  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  la elevación de la T<sup>a</sup> provoca la precipitación de la sal común, y la disminución del factor térmico produce concentración de sal común.

Si en una disolución hay sólo  $\text{CaSO}_4$ , se produce la precipitación en forma de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (yeso), a una t<sup>a</sup> aproximada de 65 °C; por encima de esa t<sup>a</sup>, se deshidrata el sulfato y precipita en forma de anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ).

**Densidad:** Cuando se produce la evaporación y/o la sobresaturación, la densidad va aumentando progresivamente, de modo que es posible definir las fases de precipitación salina en función de la densidad:

$d = 1'05 \text{ gr/cc} \rightarrow$  Sulfatos y cloruros de K y Mg (silvina, carnalita). Fase clorulada potásico magnésica.  
 $d = 1'13 \text{ gr/cc} \rightarrow$  NaCl (sal común, halita). Fase clorura sódica.  
 $d = 1'20 \text{ gr/cc} \rightarrow$   $\text{CaSO}_4$  (yeso o anhidrita). Fase sulfatada.  
 $d = 1'31 \text{ gr/cc} \rightarrow$   $\text{CaCO}_3$  (calcita). Fase carbonatada.

La secuencia de estratificación, desde el muro al techo, de las sales estudiadas es la siguiente: 1) Carbonatos. 2) Yeso, 3) Yeso y sal gema, 4) Anhidrita y sal gema, 5) Polihalita y sal gema, 6) Sulfatos de magnesio y sal gema, 7) Sulfatos de magnesio y potasio con sal gema, 8) Carnalita y sal gema. Normalmente estas condiciones se dan en zonas marinas salobres (albuferas, lagoom, sebkhas desérticas), en climas áridos con intensa insolación o en regiones endorreicas (sebkhas desérticas). Los cationes  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , como ya hemos visto, pueden precipitar en condiciones diferentes a las descritas por otros mecanismos.

Algunas denominaciones dadas recientemente a rocas sedimentarias son muy genéticas. Las contornitas son depósitos de las corrientes que circulan por el pie del talud continental, y las tempestitas son depósitos de tormenta; unas y otras, según Anguita, son más abundantes de lo que se pensaba. Las megaturbiditas se forman por colapsos de zonas de la plataforma continental.

Otro criterio de clasificación parecido queda recogido en la tabla siguiente

TIPOS	GÉNESIS	ROCAS MÁS ABUNDANTES	
<b>DETRÍTICAS</b>	Derivadas del transporte y la acumulación de los productos de alteración de rocas preexistentes en la cuenca de sedimentación.	Sin cementar	Con cemento
		gravas Arenas Limos	Conglomerados (Sefitas) Areniscas (Samitas) Arcillas (Pelitas)
<b>QUÍMICAS</b>	Formadas por reacciones químicas de disolución, concentración, evaporación, sobresaturación, etc al variar los factores físico-químicos de la cuenca (pH, etc.)	Carbonatadas (calizas, dolomías) Silíceas Fosfatadas Ferruginosas Salinas (yeso, anhidrita, halita, silvina, etc.)	
<b>ORGANÓGENAS</b>	Constituidas como consecuencia de la acumulación de restos orgánicos o de la actividad biológica de los seres vivos.	Biogénicas:	Carbonatadas Silíceas Fosfatadas Ferruginosas
		Combustibles fósiles	Carbón y petróleo

Otro criterio de clasificación de las rocas sedimentarias es el propuesto por el Departamento de Geología de la Universidad de Alcalá:

Tipos	Proceso de Alteración	Sedimentos	Rocas sedimentarias	
<b>DETRÍTICAS</b>	Removilización Transporte y Sedimentación	Gravas (Cantos)	Ruditas (conglomerados)	Brechas Pudingas
		Arenas (< 2mm)	Areniscas o Arenitas	Grauvacas Arcosas Ortocuarcitas
		Limos <1/16> 1/256	Lutitas	Limolitas
		Arcillas < 1/256 mm		Arcillitas
		Lodos micríticos	Calizas o Carbonatos	Caliza micrítica
<b>BIOQUÍMICAS</b>	Removilización Transporte y Sedimentación	Lodos micríticos + fósiles		Caliza fosilífera
<b>QUÍMICAS</b>	Precipitación química	Lodos de sulfatos	Evaporitas	yesos
		Lodos salinos	sales	Halitas



		Lodos silíceos	Silíceas	Sílex
INTERMEDIAS	Iones + clastos	Arcilla + micrita	Margas	
		Arcilla + lodos de sulfatos	Arcillas yesíferas	

## 6.5. Interés económico de las Rocas sedimentarias.

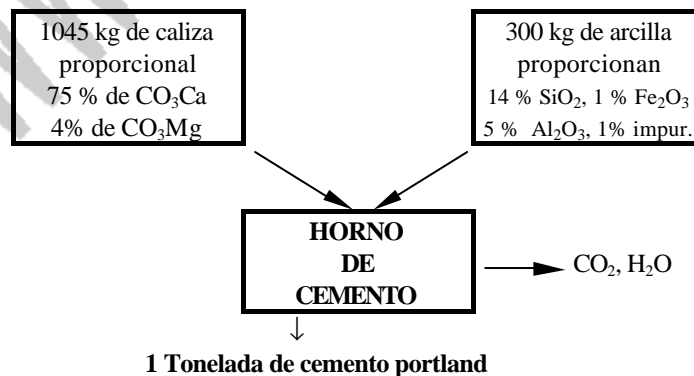
Las **rocas industriales**, son todas aquellas sustancias minerales utilizadas en procesos industriales, directamente o mediante una preparación adecuada, en función de sus propiedades físicas y químicas, y no en cuanto a la energía o a las sustancias que pudieran extraerse de las mismas.

La explotación de estas rocas se hace en canteras, aprovechando las líneas de diaclasas o fracturas cuando son rocas masivas.

El Instituto geológico y Minero de España elaboró, en 1973, un **Atlas e Inventario de Rocas Industriales**, con mapas de España peninsular e Insular, de los que cada profesor puede tomar los datos relativos a su región. En la tabla siguiente esquematizamos una clasificación de las rocas industriales basada en dicho Atlas.

ROCAS (TIPOS)	PRODUCTOS OBTENIDOS	INDUSTRIA EN QUE SE USA
Arenisca, caliza,	Piedras de construcción	CONSTRUCCIÓN
Arenisca, caliza, dolomía	Rocas ornamentales	CONSTRUCCIÓN
Arenisca, caliza, dolomía, marga, yeso,	Cemento y derivados	AGLOMERANTES
Caliza, dolomía, marga.	Cales	
Yeso	Yesos	
Grava, arenisca, caliza.	Áridos naturales y artificiales	ÁRIDOS
Arena, caliza.	Vidrios	VIDRIO
Arena, caliza.	Loza y porcelanas	CERÁMICA
Arcilla, arena.	Ladrillería	
Arcilla, arena, arenisca, caliza, grava.	Refractarios	
Arcilla, yeso	Aislantes	VARIAS
Caliza, dolomía.	Fundentes	
Arena, caliza, turba	Correctivos	
Caliza	Aditivos y cargas	
Arena, arenisca, caliza, dolomía.	Abrasivos	
Arcilla y arena	Arenas de moldeo	

Entre los aglomerantes, el de mayor importancia es el cemento. El que actualmente se emplea se basa en la mezcla de rocas que se expresa en la figura y su mezcla se patentó en el siglo XIX como cemento portlan.



El **hormigón** se obtiene de una mezcla de cemento en cantidades no superiores al 15 %, con grava y arena, empleándose doble cantidad de grava que de arena. A la mezcla se le añade agua para que fragüe.

Los **áridos** se obtienen por trituración, lavado y clasificación por tamaños.

Los **vidrios** se fabrican fundiendo minerales y rocas, ricas en cuarzo, en hornos y luego enfriando rápidamente el fundido para impedir la formación de núcleos de cristalización.

Entre las industrias diversas destacamos los **fundentes**, que se emplean en la obtención de acero en los altos hornos.

Como **piedras ornamentales** se utilizan las calizas de cantera, mal llamadas mármoles, y algunas areniscas utilizadas en los edificios públicos desde antiguo.

Las arcillas se utilizan en cerámica, tanto en ladrillos normales (las más corrientes), como en ladrillos refractarios (las pobres en carbonatos) o en la fabricación de porcelanas (caolín).

El yeso se extrae de la roca del mismo nombre por calentamiento o calcinación; la cal es un óxido de calcio obtenido de la calcinación de las calizas, en parte ha sido reemplazado por el cemento.

La mayoría de rocas empleadas como áridos son calizas y dolomías (2/3 del total en España). Arenas y gravas de ríos y playas es el segundo material usado como áridos.

En la **industria química** se usan:

Fosfatos para **fertilizantes**, se presentan en estratos y se extraen en yacimientos a cielo abierto.

Con las evaporitas se fabrican fertilizantes potásicos, **productos químicos básicos**, explosivos, pinturas, fármacos, etc.

Las bauxitas además de menas del aluminio se utilizan también mezcladas con caliza para **cementos** de fraguado rápido.

Las dolomías se emplean como materia prima para pinturas, aislante térmico, y en la fabricación de cementos transparentes.

## 6.6. Las rocas de origen orgánico

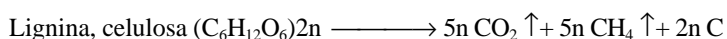
Cuando los organismos mueren, sus partes blandas, se descomponen, más o menos rápidamente, al actuar sobre ellos las bacterias de la putrefacción, que deshacen o fermentan los productos orgánicos.

Si la descomposición ocurre en contacto con el aire, toda la materia orgánica desaparece rápidamente. Por el contrario, cuando los restos orgánicos quedan cubiertos de agua muy pobre en oxígeno, actúan unas bacterias anaerobias que no descomponen totalmente la materia orgánica, sino que la fermentan enriqueciéndola de carbono. Si la descomposición de los restos se realiza en cuencas continentales, se originan los carbones minerales, y si ocurre en el mar, se forma petróleo.

### 6.6.1. El carbón mineral

Fue el primero de los recursos energéticos que el hombre empleó y extrajo de la Tierra. Fue utilizado hace dos mil años por los chinos y empezó a usarse en Europa hacia finales del siglo XIII como sustituto de la leña de los bosques. La investigación geológica para determinar las reservas de carbón para una zona determinada se realiza, en primer lugar, localizando las formaciones rocosas que pueden estar asociadas al carbón (**ciclotemas**) y, después, estudiando la geometría de las capas que se van a explotar para conocer su posición en profundidad, afectada por las deformaciones estructurales (pliegues y fallas), que hayan sufrido los terrenos.

Se forma a partir del acúmulo de restos vegetales, que viven en zonas pantanosas, continentales o costeras. Sobre la celulosa y lignina actúan las bacterias produciendo la carbonización. En este proceso los hidratos de carbono se descomponen en  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ , que se desprenden, quedando el carbono libre en el sedimento.



Durante la fase geoquímica, la acción bacteriana se detiene y se produce la verdadera diagénesis del sedimento. La **litificación** comienza al recubrirse por sedimentos detríticos.

La **intracarbonización** es el proceso natural que culmina con la formación de carbón a partir de vegetales (no confundir con la carbonización artificial a partir de madera). Las acciones bioquímicas y geoquímicas producen disminución del volumen y consiguiente aumento de la densidad (la de la turba es inferior a la del agua, la del lignito es 1,15 y la antracita supera el 1,4); pérdida de material volátil (vapor de agua,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) y un sucesivo enriquecimiento de carbono.

La clasificación de los carbones se basa en su contenido en carbono y la época de formación, diferenciándose los cuatro tipos de carbones minerales clásicos: **antracita, hulla, lignito y turba**.

Los diferentes tipos de carbones se encuentran en la naturaleza bastante ligados a la edad de los materiales. Esta relación con el tiempo se explica ligada a la mayor o menor posibilidad de haber sufrido procesos de compactación y transformación. Así, en materiales no plegados o débilmente plegados, la única causa para la transformación es la carga de sedimentos depositados posteriormente y que producen el paso de la madera a la turba e incluso a lignito si la carga es mayor. Cuando los materiales se pliegan, hay que añadirles un aumento de presión lateral. Este aumento de presión unido al de  $t^a$  inician el proceso de **carbonización** que es el de formación de la hulla. Cuando la deformación es mayor se transforma en antracita. Un aumento de P y de  $t^a$  que supere los límites de la diagénesis y metamorfismo, transformaría los carbones en **grafito**.

Los materiales más recientes han sido menos deformados que los antiguos, que han podido afectarse por más de una etapa orogénica. Esto explicaría la relación entre el tipo de carbón y la edad geológica.

## HULLA

La hulla contiene un 80 % de carbono y arde produciendo hasta 8.000 calorías. Por destilación se obtiene el gas del alumbrado y el carbón de coque. Se originó en el Carbonífero y Pérmico de la Era Primaria, a partir de enormes bosques de helechos arbóreos y de Gimnospermas, sobre terrenos pantanosos; los restos fósiles de estas plantas se conservan en el carbón y rocas intercaladas.

Los estratos de carbón alternan con otro tipo de rocas (conglomerados, areniscas, pizarras, etc.) en un orden que se repite rítmicamente, en todo el espesor de la serie, formando el conjunto que se llama **ciclotemas hulleros**. En general las capas de carbón son de poco espesor (30 - 60 cm.), pero pueden llegar a tener muchos metros. Existen dos tipos de cuencas hulleras:

- Parálica:** En situación costera, semejante a los actuales manglares y/o cañaverales. El ciclotema está formado por la siguiente serie de estratos: conglomerados, arenisca, pizarra arenosa, pizarra con raíces (paleosuelo o suelo vegetal fósil), carbón, pizarras con fósiles vegetales, pizarra estéril (hasta ésta, todas las capas son de génesis continental), caliza marina, pizarra marina (ambas fósiles), pizarra ferruginosa (con siderita). Los estratos de carbón son, en general, de poca potencia y gran extensión superficial (hasta 50.000 Km<sup>2</sup>). La ritmicidad del ciclotema es muy constante y su número elevado (hasta más de cincuenta).
- Límnicas:** Continentales, intermontanas, semejantes, en gran escala, a las actuales turberas. En sus ciclotemas faltan las capas superiores de génesis marina. Los estratos de carbón son, en general, de gran potencia y poco extensos. La ritmicidad de los ciclotemas más irregular y el número menor que en las parálicas (a veces uno solo).

En el origen y génesis de la hulla concurren tres tipos de factores importantes: Biológicos (densos bosques palustres de Pteridofitas); climáticos (clima húmedo y templado); geológicos (**subsistencia** de la región con episódicos periodos de epirogénesis y **eustasia**). Estos movimientos, en relación con la orogénia Herciniana y las glaciaciones del continente Gondwana, permiten elaborar diversas teorías sobre el origen de los ciclotemas.

Para explicar la repetición de los ciclotemas, se ha supuesto que al elevarse el continente o bajar el mar, se produce una erosión del relieve, que deposita conglomerados, areniscas y pizarras, sobre los que se instala la vegetación. Un nuevo ascenso del mar produce la muerte del bosque y la formación del carbón, volviendo a comenzar el proceso.

## ANTRACITA

La antracita contiene hasta un 95 % de carbono y produce más de 8.000 calorías, pero arde con dificultad. Procede de la hulla, por una mayor litificación o un ligero metamorfismo; es muy compacta y dura.

Las principales cuencas carboníferas españolas se encuentran en Asturias, León-Palencia, Puertollano (Ciudad Real), Peñarroya (Córdoba) y los Pirineos.

## LIGNITO

El lignito Se formó en el Cretácico de la era Secundaria y durante la Terciaria, a partir de bosques de Coníferas, cuyos restos se acumulaban en la desembocadura de los ríos. Contienen un 75 % de carbono y llega a dar 7.000 calorías al arder. Parduzco y poco compacto, reconociéndose en él la estructura de la madera y otros restos vegetales. El azabache es una variedad negra, brillante, compacta, que se utiliza en joyería. Yacimientos hay en Teruel, Lérida y La Coruña. Se emplea como combustible en centrales térmicas.

## TURBA

La Turba para algunos no se trata de un carbón sino de un sedimento orgánico. Se ha formado, desde el final del Terciario hasta la actualidad, en las turberas, pantanos de poco fondo, poblados de musgos y plantas herbáceas de las zonas frías y húmedas. Los restos de vegetales muertos se acumulan en el fondo y sobre ellos crecen nuevas generaciones, pudiéndose así depositar espesores grandes de turba, si el fondo se va hundiendo lentamente. Observando una turbera, se puede imaginar, a escala reducida, como serían los grandes bosques hulleros del Carbonífero. El color de la turba es parduzco, es esponjosa y muy ligera, pudiéndose apreciar, a simple vista, los vegetales que la han formado. Contiene hasta un 60 % de carbono y puede producir hasta 6.000 calorías.

Las turberas suelen mostrar diversas zonas de vegetación alternadas y superpuestas. Ej. de una turbera escocesa de arriba a bajo: Turba reciente, Scirpus y Sphagnum, Betula alba, Sphagnum, Eriophorum, Loiseleuria procumbens y Empetrum, Sphagnum, Betula alba, Equisetum y Salix, Arenas finas y materiales morrénicos.

En la tabla siguiente se puede apreciar, desde la madera hasta la antracita, el aumento progresivo de carbono y su poder calorífico, a la vez que la disminución de los elementos volátiles de H, N y O.

	VOLÁTILES					
	CARBONO	RESTO	HIDRÓGENO	NITRÓGENO	OXÍGENO	CALOR./GR.
MADERA	49'64	50 %	6'23	0'92	43'20	3000 - 4500
TURBA	55'44	44 %	6'28	1'72	36'56	cal
LIGNITO	77'95	27 %	5'24	1'31	20'50	4500 - 6000
HULLA	84'24	15'7 %	5'55	1'52	8'69	6000 - 7000
ANTRACITA	93'50	6'5 %	2'81	0'93	2'72	7000 - 8000
						más de 8000

Según el tipo de cuenca carbonífera la explotación se hace cielo abierto, cuando las vetas están próximas a la superficie o se han formado en cuencas sedimentarias superficiales y no deformadas, o por medio de pozos y galerías subterráneas cuando las vetas detectadas están en series estratigráficas afectadas por la tectónica, y se encuentran replegadas y fracturadas en profundidad por los esfuerzos orogénicos.

Los niveles carbonosos, en todas las cuencas donde se explotan, son siempre minoritarios con respecto al material no carbonoso (llamado estéril). El espesor del conjunto de estratos no carbonosos puede ser un 100 % veces superior a la suma de todos los estratos carbonosos. Los principales países productores de carbón son China, USA, URSS, Alemania y Polonia.

## (OPCIONAL)

Cada carbón está formado por cuatro tipos de materiales visibles a simple vista:

Vitreno: sustancia compacta, negra, muy brillante, con fractura concoidea.

Clareno: menos negro, semibrillante y compacto.

Dureno: duro y opaco.

Fuseno: fibroso, blando, muy frágil, que es el causante de que al tocar el carbón se manchen las manos. Un carbón cualquiera puede expresarse según los porcentajes de cada componente macroscópico.

Visto al microscopio, el carbón resulta ser una mezcla de sustancias diversas: Vitrinita: opaca y coloidal, muy compacta. Esporina: acumulación de esporas. Cutinita: acumulación de cutícula de las plantas.

Suberinita: cortezas transformadas. Resinita: resina carbonizada. Alginita: acumulación de algas microscópicas.

Podíamos clasificar a los **carbones desde el punto de vista genético**:

- **Carbones húmicos**, son los más abundantes, formados por vegetales arbóreos. Contienen abundante vitrinita, y son producto de la diagénesis de los ac. húmicos.

- **Carbones residuales**, son escasos. Formados por acumulación de partes vegetales duras: cutinita, esporonita y suberinita.
- **Carbones sapropélicos**: con abundante alginita. Se forman a partir de algas dulceacuícolas y suelen tener muchos volátiles. Se les conoce con el nombre de bog-head. El cannel es un carbón que arde a la llama de una cerilla, y es un intermedio entre los carbones residuales y sapropélicos.

### 6.6.2. El petróleo:

El petróleo es un sedimento líquido, negruzco, de aspecto oleoso, más ligero que el agua, compuesto por hidrocarburos líquidos, sólidos (asfaltos y betunes) disueltos en los anteriores y gaseosos (metano, acetileno, propano, butano) y cantidades menores de otras sustancias orgánicas.

Históricamente las primeras teorías que se propusieron para explicar el origen del petróleo fueron la inorgánica. A partir de experiencias de laboratorio y de hallazgos concretos, se impusieron las teorías orgánicas que prevalecen actualmente:

- La **hipótesis inorgánica (Humboldt)** supuso que la energía de los volcanes podría unir el carbono con el hidrógeno, formando primero acetileno y luego los distintos hidrocarburos. Químicos como Bertelhot y Mendeleiev afirmaron que en el interior de la Tierra, a altas P y Tª, el agua reaccionaba con carburos metálicos dando acetileno y al final petróleo.
- La **hipótesis orgánica**, ha pasado a ser ya del campo de los conocimientos concretos dado los innumerables argumentos a su favor. Según esta hipótesis los hidrocarburos se forman a partir de los principios inmediatos de los seres vivos. Es famosa la experiencia del alemán Engler, que, a partir de aceite de hígado de bacalao sometido a altas P y Tª, consiguió fabricar petróleo semejante al actual. Otra prueba es la que se basa en la diferencia entre los hidrocarburos inorgánicos artificiales, que no presentan polarización rotatoria, y los naturales orgánicos, sí la presenta. Por último la presencia de sustancias nitrogenadas, en el petróleo, procedente de proteínas, hormonas, clorofila, etc. Desde el punto de vista geológico, la prueba más concluyente es el hallazgo de los yacimientos de petróleo en rocas sedimentarias, y rara vez en metamórficas y magmáticas. La presencia en estas últimas se explica por migración posterior.

#### FORMACIÓN

Los restos orgánicos que se depositan con los fangos y limos en el fondo de lagunas o de mares poco profundos de ambiente anaerobio sufren la descomposición de muchos tipos de bacterias que enriquecen el material orgánico en carbono e hidrógeno y van eliminando el oxígeno y el nitrógeno. Esta primera etapa de acción bacteriana da lugar, al parecer, a un **protopetróleo** o petróleo denso que, mezclado con el cieno, forma el **sapropel**. Algunos científicos consideran que la acción bacteriana consigue ya la formación de petróleo.

En una segunda etapa de transformación, el lodo negro o sapropel sometido a tª de 100 °C, y la colaboración de sustancias catalizadoras (arcillas), favorece la formación de determinados hidrocarburos. Al hundirse la cuenca de sedimentación, las tª son cada vez más elevadas, con lo que se produce la destilación natural de los componentes del petróleo.

#### ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS COMERCIALES

Para que se forme un yacimiento es preciso un gran aporte de material orgánico, una roca adecuada o madre donde pueda realizarse la transformación y la posterior emigración a otras rocas donde se almacene y conserve.

El **aporte orgánico** procede del fitoplancton (diatomeas y otras algas unicelulares) y del zooplancton (protozoos sobre todo fitoflagelados). Más raramente huevos y muchas formas larvarias de animales marinos. Las aportaciones continentales no han producido yacimientos de importancia.

En determinados momentos la mortandad se acentúa, en determinados puntos, incrementándose el aporte orgánico por cambios de salinidad o tª al mezclarse distintos tipos de agua. Las corrientes marinas de fondo contribuyen a veces a la acumulación de restos o a veces los dispersan.



Las **roca madre** más adecuadas para albergar a los organismos son las arcillosas, las margosas y, en menor grado, las calizas de grano fino. A la vez que los organismos son transformados en petróleo, las rocas madres pueden sufrir litificación sedimentaria y transformarse en pizarras como les ocurre a las arcillosas. En estos casos se formarían pizarras ricas en hidrocarburos (bituminosas), que ya constituyen un yacimiento, aunque pobre. Hay muchas extensiones de pizarras bituminosas que no resultan rentables. En Puertollano (C. Real) fueron explotadas hace unos años. Las presiones confinante y tectónica, poco importante en el proceso de formación, es determinante en la emigración del petróleo.

La migración es el paso del petróleo de la roca madre (poco porosa), a la roca almacén (arenas, areniscas, calizas y dolomías cavernosas, etc.) porosa y permeable, como la arenisca. La migración continuará y se extenderá por toda la roca si no aparece ningún obstáculo que la detenga.

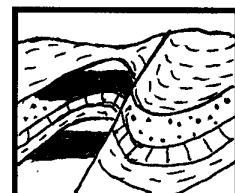
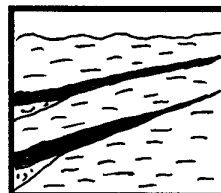
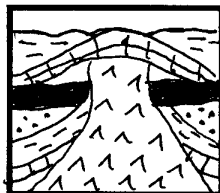
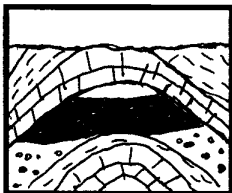
La **migración del petróleo** de la roca madre a la roca almacén puede ocurrir por las siguientes causas.

- **Compactación** de los fangos ricos en hidrocarburos, por la presión que ejercen los sedimentos depositados encima posteriormente. Así se expulsan los fluidos a zonas de menor presión, terminando por rellenar los poros de la roca almacén. Es la causa más frecuente.
- **Flotación**: si en la roca almacén también hay agua el petróleo y el agua sufren una migración secundaria que ordena agua, petróleo y gases de abajo arriba, según sus densidades. En los pliegues ocupan la zona de charnela de los anticlinales.
- **Gravedad**: Si no hay agua en la roca almacén. El petróleo desciende hasta alcanzar la roca impermeable; esto puede dar lugar a su acumulación en las charnelas de los sinclinales.
- **Presiones orogénicas**: Hacia zonas de menor presión, fluyendo a través de rocas permeables, grietas y planos de estratificación.

Las **trampas petrolíferas** contribuyen a que el petróleo se acumule y se forme un yacimiento importante. Las trampas petrolíferas son estructuras o estratos impermeables, como una intrusión magmática, una falla, un domo de sal, una capa superior o inferior impermeables, discordancias estratigráficas o la obstrucción por productos sólidos del propio petróleo. El petróleo retenido en las trampas, se encuentra en la mayoría de los casos asociado a gas y agua salada; dispuestos de arriba hacia abajo por orden de densidad creciente, es decir gas - petróleo - agua.

El agua es de procedencia marina y ha migrado con el petróleo. El gas, disuelto parcialmente en el petróleo, ejerce en el yacimiento una elevada presión; por eso al perforar el petróleo mana como un surtidor. Los principales tipos de trampas son:

- Anticlinales: Gases, petróleo y agua salada ocupan los poros de la roca almacén siguiendo la zona de charnela.
- Partes laterales de diapíros salinos: éstos, al ser impermeables, actúan como zona de cobertera, quedando el petróleo almacenado en las rocas porosas intruidas por el diapíro; también pueden actuar como almacén las calizas que recubren la cima de los diapíros.
- Estratos porosos en forma de cuña, interestratificados con estratos impermeables.
- Fallas que interrumpen la continuidad de un estrato poroso, poniéndolo en contacto con rocas impermeables.



En ocasiones sólo se encuentra gas almacenado (**yacimientos de gas natural**); puede deberse a una destrucción del petróleo, por acción de aguas subterráneas que contengan yeso en disolución, convirtiéndose en  $\text{SH}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  y agua. Otras veces, la causa es una separación del gas y el petróleo durante la migración, debido a la diferente densidad.

## CONSERVACIÓN Y EDAD DE LOS PETRÓLEOS

Las condiciones citadas antes no son suficientes para la conservación. Para que permanezca intacto, el yacimiento requiere una cubierta que aisle la roca almacén de la oxidación atmosférica. Si el oxígeno penetra en el yacimiento, lo transforma en productos de menor categoría como los betunes, asfaltos y gases. Incluso puede desaparecer con la entrada y ataque de los microorganismos. Las **rocas de cobertura** más adecuadas son esquistos, arcillas, calizas y dolomías no fisuradas, o cualquier tipo de roca bien cementada e impermeable.

Los yacimientos aparecen en estratos que van desde el Cámbrico hasta los finales del Terciario. Actualmente abundan los lugares en los que el petróleo está en proceso de formación. Los yacimientos más importantes y rentables de la actualidad están ubicados en zonas que datan de periodos comprendidos entre el Cretácico y el Mioceno.

### PROSPECCIÓN (OPCIONAL) de Petróleo y gas natural:

Requiere una serie de fases:

- Reconocimiento geológico:** Comienza por una delimitación de áreas posiblemente petrolíferas, frente a zonas claramente negativas; así, las regiones de rocas ígneas y metamórficas, que han sufrido sucesivas y fuertes orogenias, son, en general, desechables, mientras debe centrarse el interés en regiones sedimentarias cuyas deformaciones orogénicas no hayan sido excesivamente intensas. Dentro de estas áreas, interesa localizar una serie de indicios indirectos: filtraciones de petróleo o gases a la superficie, afloramiento de rocas impregnadas de hidrocarburos (**volcanes de lodo**), lagos de asfalto, aguas con películas superficiales de petróleo, etc. El **estudio estratigráfico** es fundamental. En el análisis de la serie sedimentaria, hay que comprobar la existencia de tres tipos de formaciones relacionadas con la producción de petróleo: las posibles rocas madres; las rocas almacén y las rocas de la cobertura que impiden la pérdida del petróleo. Es importante comparar la serie estratigráfica de la zona con series "petrolíferas", de regiones más o menos próximas, donde ya se hayan localizado yacimientos de hidrocarburos. Para determinar su edad y compararla con la de otras regiones, se estudian los fósiles microscópicos (foraminíferos) que, al ser abundantes en muchas rocas de origen marino, dan una gran precisión a los cálculos.
- Estudio geofísico:** Se utilizan fundamentalmente los métodos gravimétricos, magnéticos y sísmicos. Es frecuente realizar las medidas gravimétricas y magnéticas desde el aire. El método gravimétrico es muy efectivo para detectar los **domos** de rocas salinas (uno de los tipos de trampas), debido a la diferencia de densidad entre las sales y las rocas encajantes. La mayor exactitud la proporciona el método sísmico, que revela con detalle la estructura del suelo, es el método más caro. La exploración geofísica es la única posible para la explotación de la plataforma continental y otras extensas cubiertas de agua.
- Sondeos:** Es la última etapa de la exploración se concentra y restringe (es la etapa más cara) a las zonas consideradas como favorables en los estudios previos. Con los sondeos se confirman los datos estratigráficos, se obtienen muestras para calibrar el contenido en hidrocarburos, etc.

### Productos derivados del petróleo (OPCIONAL)

Tras la extracción del petróleo bruto, este pasa al separador, extrayéndose el gas natural para usos industriales y domésticos. El petróleo pasa a la refinería y en la torres de fraccionamiento se van separando los diferentes componentes según su punto de ebullición:

- Destilados ligeros:** Gasolinas de automóviles, nafta (usada en la limpieza en seco y en la pintura); Queroseno de aviación, combustibles de aviones a reacción. Queroseno del alumbrado, aceites ligeros o fuel-oils.
- Destilados intermedios:** Aceites pesados, aceites diesel para la producción de energía y Gas-oils.
- Destilados pesados:** Aceites minerales utilizados en medicina; aceites de flotación empleados en la concentración de minerales; ceras parafínicas usadas en impermeabilización, aceites lubricantes acabados, etc.

- d) **Residuos pesados:** Aceites lubricantes muy viscosos; Petrolatos o vaselinas; aceites y asfaltos para carreteras. De los asfaltos más pesados, tras calentarlos, se obtiene coque de petróleo.

Cada una de estas fracciones pasa por un nuevo proceso de refinado, destilación y separación que proporciona los distintos productos comerciales deseados. Sólo el 30 % del destilado es gasolina (y esto sólo en los mejores crudos). Por eso hace mucho tiempo que las fracciones que poseen un elevado punto de ebullición, son sometidas a procesos térmicos y catalíticos de **CRACKING** que provocan la desintegración de sus grandes y pesadas moléculas y permiten su utilización por motores de combustión interna.

Del destilado entre los 70 y 150 °C se obtienen hidrocarburos no saturados que por hidrogenación catalítica (cracking) se convierten en hidrocarburos saturados aptos para las gasolinas.

Numerosos procesos de síntesis (polimerización, alquilización, isomerización, ciclización, hidroformación e hidrogenación), contribuyen a aumentar el volumen total de gasolina, suministrando combustibles de excepcional calidad.

Productos del petróleo bruto	% por Destil.	% por cracking
Gasolina	23	44
Queroseno	14	6
Fuel-oil	44	36
aceites lubricantes	13	3
Cok, ceras, betunes	3	8

Los derivados del petróleo han desarrollado una potente industria petroquímica: medicamentos, abonos, plásticos, explosivos, colorantes, fibras artificiales, etc.

En España, a pesar de que se han realizado bastantes estudios y sondeos, no se han localizado yacimientos importantes, aunque sí hay algunos pozos en explotación que cubren parte de las necesidades del consumo nacional. (Ayoluengo al Norte de Burgos, Jaca en el Pirineo de Huesca, cuatro en la zona del delta del Ebro: Casablanca I, Castellón II, Amposta marino y Sebko. Recientemente se ha descubierto un importante yacimiento de gas natural en la zona marítima próxima a Cádiz. Las explotaciones continúan y parece que pueden ser favorables regiones de la cordillera Ibérica, su conexión con la cordillera costero-catalana y el Pirineo. También la plataforma litoral mediterránea y cantábrica.