

Yacimientos Minerales

BLOQUE II. GÉNESIS DE YACIMIENTOS MINERALES

Yacimientos energéticos: carbón, petróleo y uranio



Gema Fernández Maroto

Departamento de Ciencias de la
Tierra Y Física de La Materia
Condensada

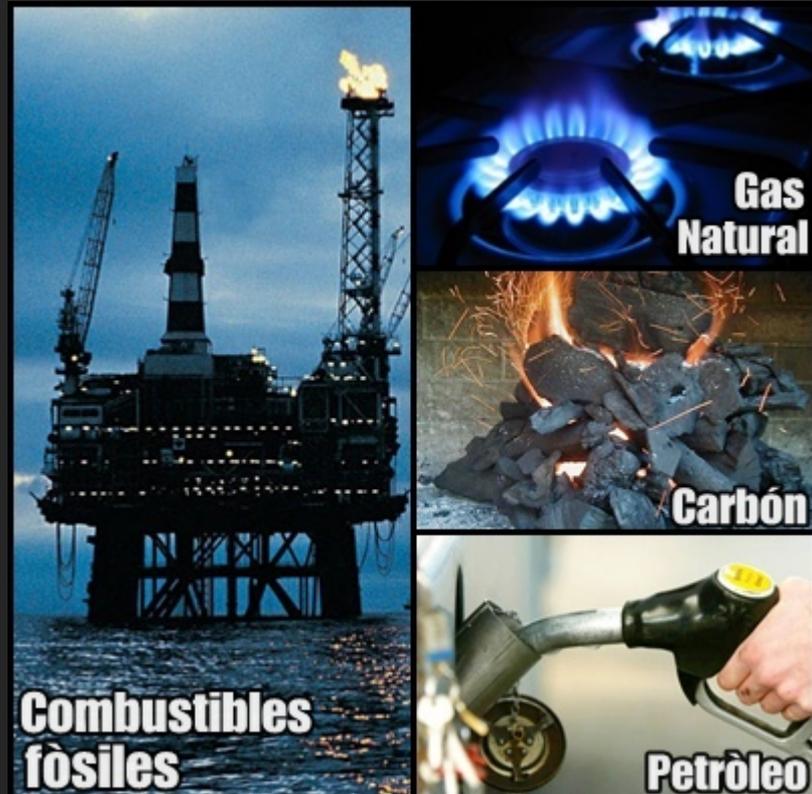
Este material se publica con licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



COMBUSTIBLES FÓSILES

- Los combustibles fósiles representan una de las reservas energéticas más importantes de la Tierra.
- Los combustibles fósiles son reservas agotables, denominados "*energías no renovables*".





¿QUÉ SON LOS COMBUSTIBLES FÓSILES?

- Son el producto de la **transformación de la biomasa de épocas pretéritas**, enterradas bajo sedimentos posteriores, que han sufrido diversos **procesos diagenéticos y metamórficos** que transformaron la sustancia orgánica en roca, líquido o gas.

Carbón y Petróleo: combustibles fósiles

COMBUSTIBLES FÓSILES

• Los principales combustibles fósiles son los **hidrocarburos líquidos y gaseosos (petróleo y gas natural) y los carbones.**



• Estas sustancias están constituidas por compuestos orgánicos formados en su mayor parte por C e H, como resultado de la transformación de los residuos de organismos vegetales o animales.





COMBUSTIBLES FÓSILES

•La **transformación** de la materia orgánica en combustible se inicia en el momento de su **muerte**, pero los verdaderos cambios en su composición y estructura se realizan después de su enterramiento debajo de los demás sedimentos inorgánicos, durante los **procesos de diagénesis, litificación y metamorfismo**.

•Para que la materia orgánica se convierta en energía fósil debe sufrir cambios físicoquímicos en ausencia de oxígeno.

•La presencia de oxígeno provoca la oxidación de la biomasa y su putrefacción con desaparición de los componentes orgánicos.



CARBÓN

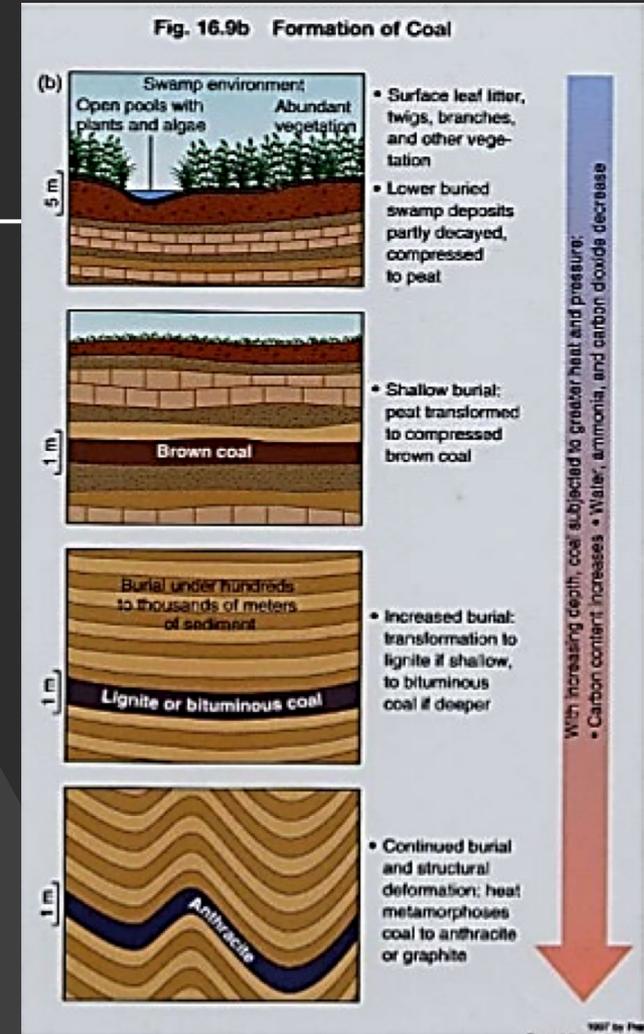
CARBÓN



- El carbón da nombre al **Carbonífero**, periodo geológico en el que se formaron los yacimientos de carbón más importantes del mundo.
- El carbón fósil es una “**roca sedimentaria combustible formada por fragmentos vegetales**” que se encuentra en diferentes estados de evolución en función de los procesos de diagénesis y carbonización que ha sufrido con posterioridad a su enterramiento (Orche, 2001).

CARBÓN

- La **composición del carbón** viene determinada por:
 - la naturaleza de la materia orgánica original
 - los procesos de diagénesis y litificación posteriores
- El **grado de carbonización**, viene dado por el espesor de los sedimentos, antigüedad y grado de metamorfismo.





LIGNITO



ANTRACITA

CARBÓN

Los términos:

- “**Carbón marrón**” se aplica a carbones de bajo rango como el lignito o carbones subbituminosos
- “**Carbón negro o duro**” a los carbones de alto rango (bituminosos y antracíticos).

El carbón es un material complejo, heterogéneo, utilizado como fuente de energía en todo el mundo.

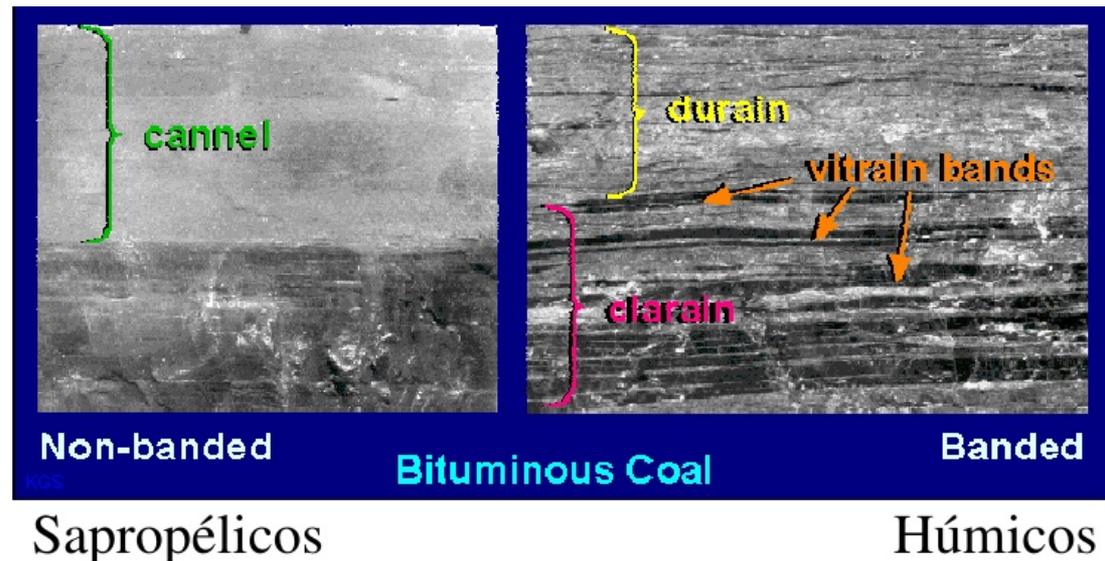
DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL CARBÓN

- El carbón está compuesto por discretas **capas de materia orgánica** con diferentes propiedades físicas y químicas.



CARBONES: dos tipos en función de la naturaleza de la materia orgánica

- HÚMICOS: compuestos por diversos restos o fragmentos de plantas. Bandedo (asociaciones de acumulaciones de restos de plantas que se superponen en el tiempo).
- SAPROPÉLICOS: esporas y algas, enriquecidos en H. Homogéneos, compactos.





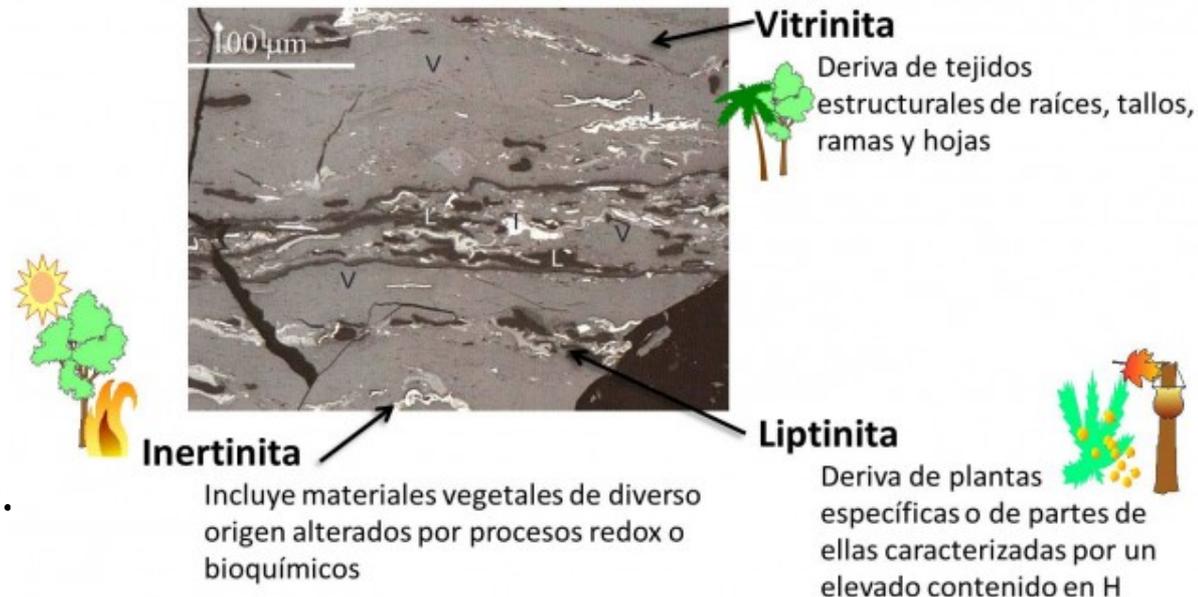
CONSTITUYENTES DEL CARBÓN

- MATERIA ORGÁNICA:
MACERALES
- MATERIA MINERAL



MATERIA ORGÁNICA: MACERALES

- Son los constituyentes individuales de materia orgánica reconocibles con el microscopio óptico.
- Se separan por maceración.
- Los distintos macerales se definen atendiendo a las características ópticas.
 - GRUPO HUMINITA-VITRINITA
 - GRUPO LIPTINITA O EXINITA
 - GRUPO INERTINITA





EN LA ACTUALIDAD SE ESTÁN FORMANDO.....

TRES tipos principales de depósitos orgánicos:

- **El Humus:** compuesto de **materia orgánica fresca**, se acumula en el horizonte “o” de los suelos que, con el tiempo, se oxida completamente y no da lugar a carbón.
- **La Turba:** formada por gran cantidad de **restos vegetales** que se acumulan en zonas pantanosas, marismas, o lugares cubiertos por una delgada lámina de agua, **condiciones anaerobias** que favorecen la transformación a carbón.
- **El Sapropel:** **materia orgánica** que se acumula **bajo el agua en lagos**, albuferas o mares, tanto en zonas profundas como superficiales. La materia orgánica está formada por **organismos microscópicos**.

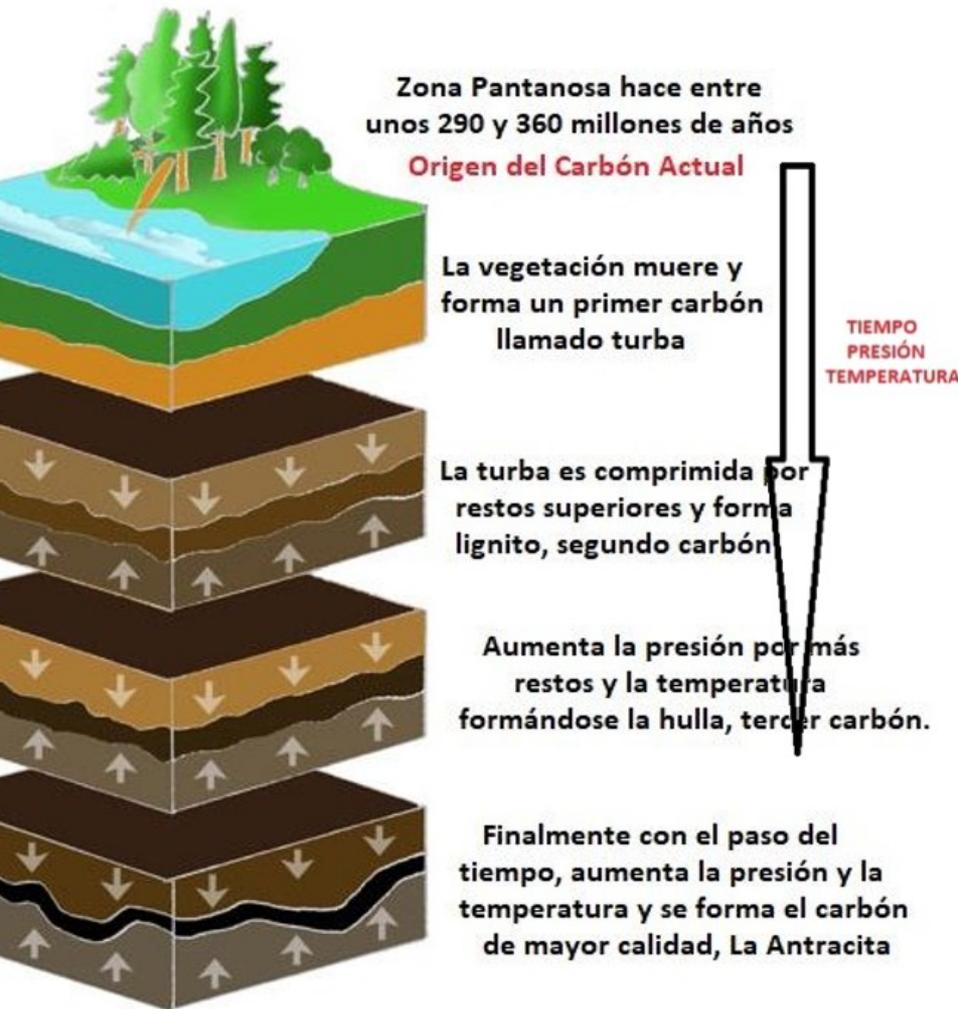


MATERIA MINERAL

- **Minerales, incombustibles, introducidos en la primera o segunda fase de la carbonización. Cenizas de combustión. Pueden ser:**
 - ***minerales detríticos*** procedentes de la erosión de las rocas de la cuenca (cuarzo, carbonatos, hierro y minerales arcillosos, cenizas volcánicas).
 - ***minerales autígenos:*** comunes de la precipitación química en la formación de los carbones, calcita, siderita, ankerita y piritita, etc., con sílice en forma de cuarzo.



Formación del Carbón

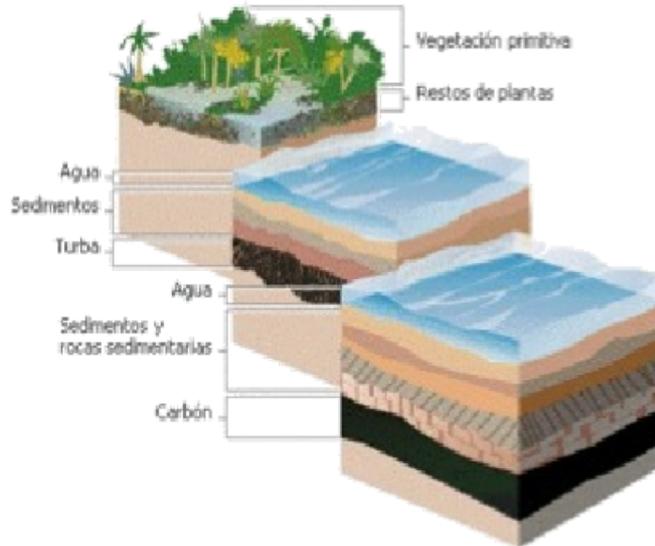


- El carbón se formó por la transformación de restos vegetales acumulados en **medios inundados** (lagunas, zonas pantanosas y deltas), por parte de **bacterias anaerobias**.
- Estas bacterias descomponen la **materia orgánica**, fundamentalmente celulosa y lignina, en carbono (**carbonización**) y otros productos como el CO_2 y el CH_4 , **gas que se almacena en las fisuras o intersticios de las rocas** y que forma bolsas muy peligrosas en las explotaciones de carbón.

Formación del Carbón

Para que este proceso se produzca es necesario un **rápido enterramiento de los sedimentos**, que evite la putrefacción de los restos vegetales.

La “**carbonización**” es la **transformación paulatina de la vegetación**, en ausencia de aire, **en carbón** cada vez de más alto rango, formando **primero una turbera** que se va transformando en **lignito**, **hulla sub-bituminosa**, **hulla bituminosa**, **semiantracita** y **antracita**.





Causas de la carbonización :

Cambios de temperatura: debidos a la **proximidad de un foco de calor** (intrusión ígnea) o la **profundidad** alcanzada en el sinclinal.

Tiempo: La carbonización puede realizarse a **bajas temperaturas (100-150°C)** si el **tiempo de formación es suficiente**. Cuando la temperatura es elevada, el tiempo de carbonización disminuye, pero si ésta es muy baja, puede pasar mucho tiempo sin que la materia vegetal se carbonice.

Presión: La influencia de la presión es **muy grande durante la compactación** y más evidente para el paso de la **turba al estadio de hulla bituminosa**. Con la presión, que aumenta con el espesor de los sedimentos, **decrece la porosidad y se reduce la humedad**.

Radiactividad: Se ha observado **raramente incrementos** en el rango del carbón relacionados con la radiactividad, solamente algunos halos microscópicos de alta reflectividad alrededor de pequeñas concentraciones de uranio y torio en el carbón.

Proceso evolutivo de la materia vegetal en la formación de la hulla





Formación del carbón

El **rango** de un carbón es una medida de su **grado de carbonización**, cuanto mayor es el rango mayor es el contenido en carbono fijo y menor la proporción de volátiles.

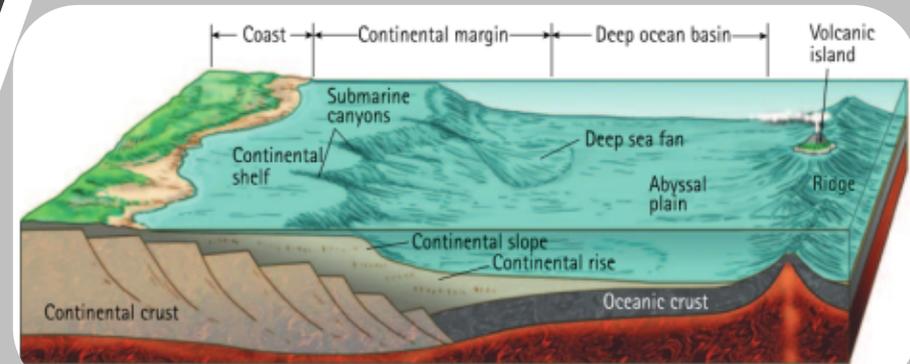
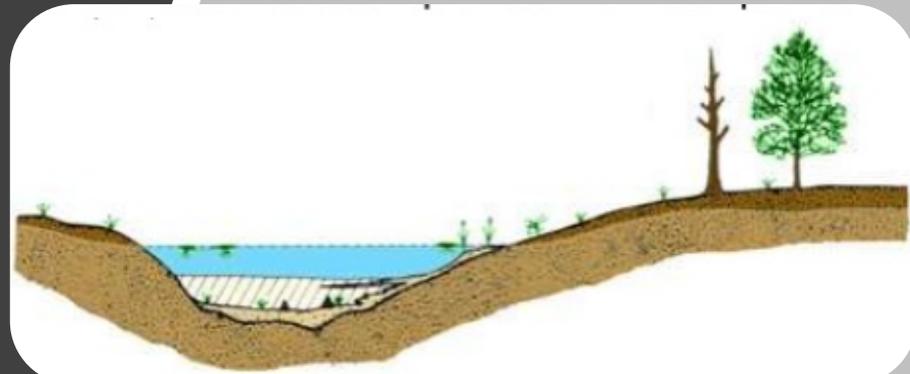
Los **carbones de bajo rango**, ricos en volátiles, arden fácilmente produciendo humo mientras que a los de **alto rango** les cuesta arder pero lo hacen sin humo. Los cambios de rango son graduales.

El **rango aumenta con la profundidad** a la que se encuentra el carbón, aunque es la **temperatura** la que tiene una **influencia decisiva en los cambios químicos que aumentan el rango del carbón**.

Las **capas de carbón son yacimientos sedimentarios singenéticos interestratificados entre otras capas sedimentarias contemporáneas**, afectadas por la tectónica posterior y por la erosión de los materiales expuestos en la superficie de la Tierra.

TIPOS DE CUENCAS EN LAS QUE SE FORMA EL CARBÓN

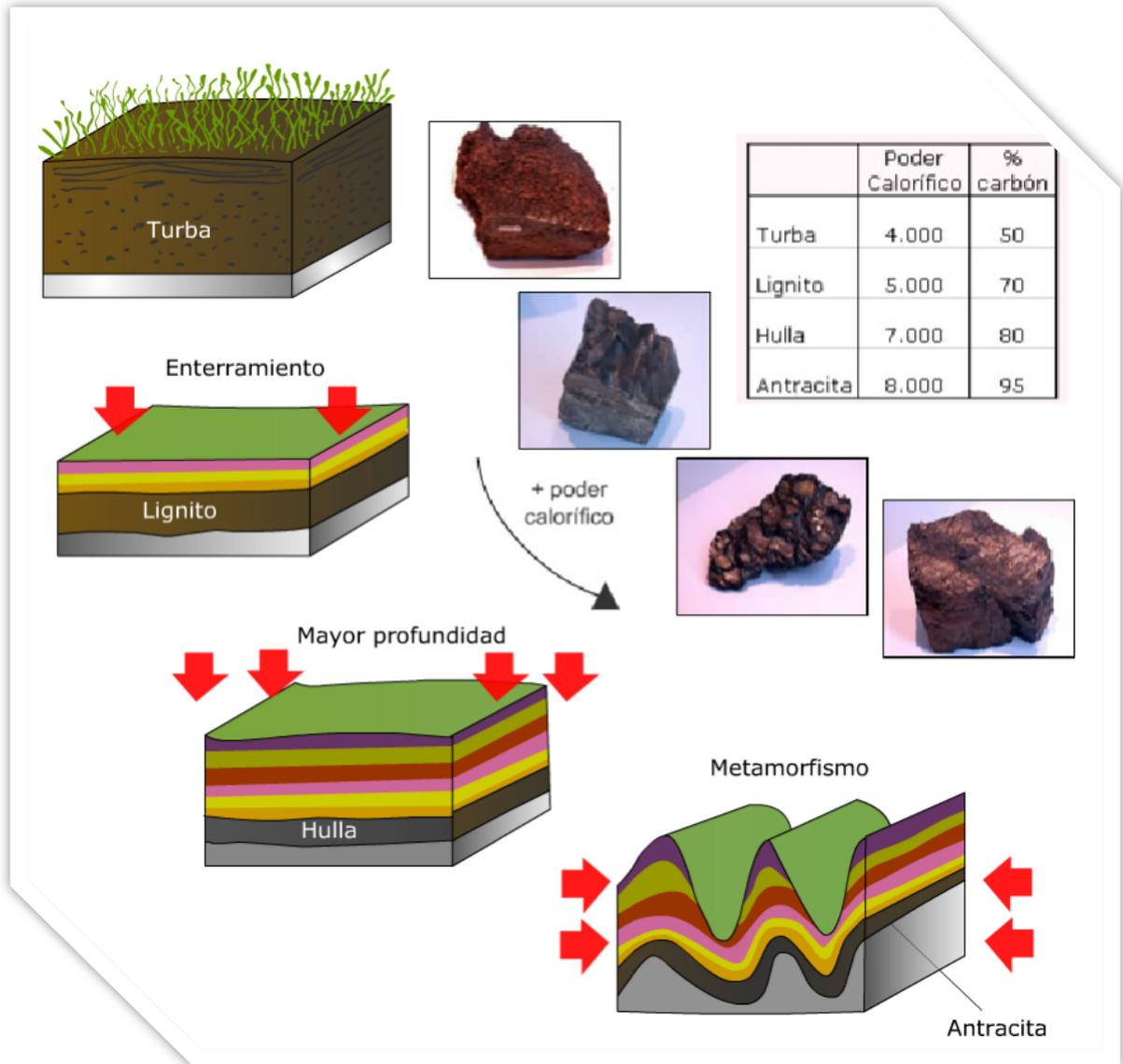
- **CUENCAS PARÁLICAS:** cuenca en costa plana del litoral marino, alternancia entre sedimentos marinos o salobres y sedimentos lacustres. Diferentes capas generalmente de poca potencia y gran extensión.
- **CUENCAS LACUSTRES:** cuencas cerradas dentro de los continentes, en depresiones lagunares, vegetales autóctonos.
- **CUENCAS SOMERAS:** cuencas someras en el mar a las que llegan vegetales transportados por las corrientes fluviales. Vegetales alóctonos.



CARBÓN

Los carbones minerales se **clasifican en función de su antigüedad, contenido en carbono y poder calorífico** en cuatro grupos:

- **TURBA**
- **LIGNITO**
- **HULLA**
- **ANTRACITA**



TIPOS DE CARBÓN

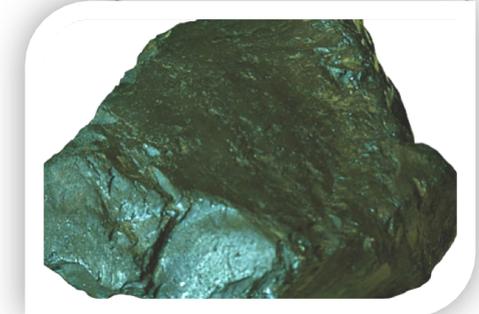
- **Turba:** Es un **carbón esponjoso**, pobre en carbono (50%). Se forma en las **zonas pantanosas o muy húmedas**. Aunque es bajo en calorías, debido a su fácil extracción se ha explotado desde la antigüedad (4000 Kcal/kg).

- **Lignito:** Se forma por **compresión de la turba**. Contiene alrededor de un 70% de carbono. Su poder calorífico es mayor (5000 Kcal/kg).

- **Hulla:** Ha sufrido una **mayor transformación**, y tiene **menor contenido en agua**. Posee un 80% de carbono. Su poder calorífico es de 7000 Kcal/kg.

- **Antracita:** Es duro y seco. Es el **más antiguo** y, por tanto, el que mayor cantidad de carbono contiene (95%) y un gran poder calorífico (8000 Kcal/kg).

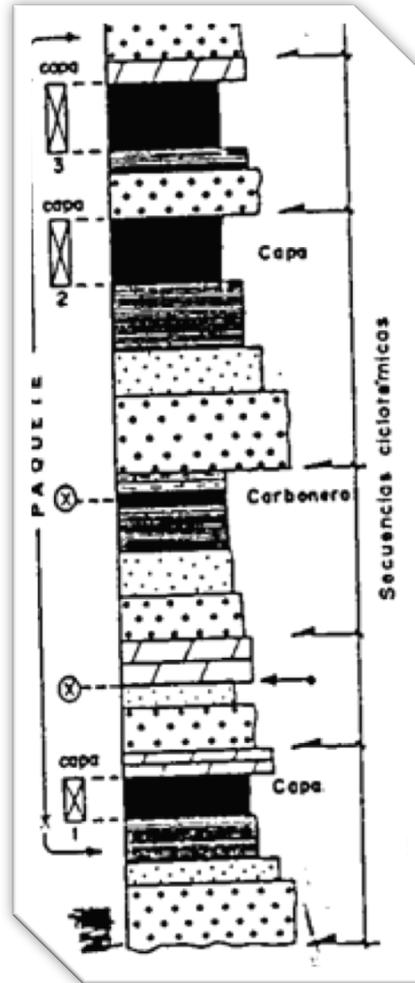
El carbón se utiliza principalmente en siderurgias y para la producción de electricidad.



CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LOS HASTIALES

Las capas de carbón están intercaladas con otras capas de rocas sedimentarias como areniscas, arcillas, conglomerados y, en algunos casos, rocas metamórficas como esquistos

CAPA SEDIMENTARIA, capas adyacentes son contemporáneas, paralelas, y con gran continuidad, por lo que son fáciles de seguir en kilómetros de longitud.



Roca de techo: pizarra

Roca de muro: rocas caolinizadas, arcillosas.

Cuanto más duro y enriquecido en C sea el carbón, más firmes son las rocas de caja.

“PAQUETE”: conjunto de capas de carbón y estratos estériles que forman una unidad de características definidas.

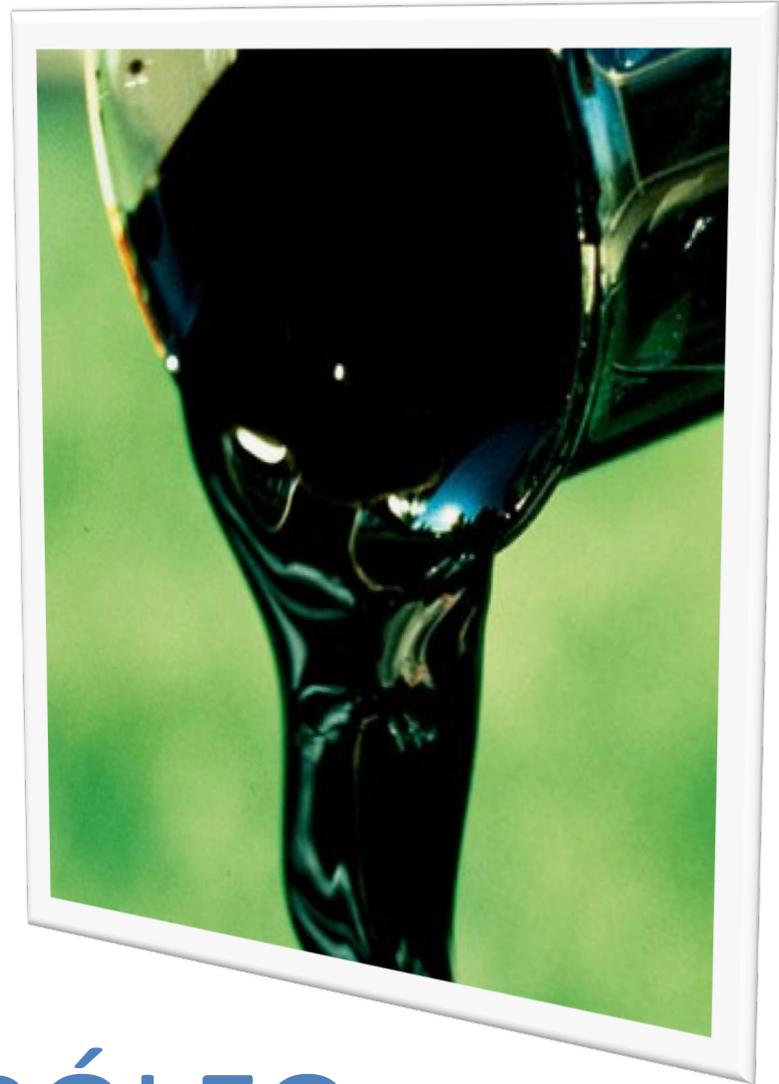
PRINCIPALES CUENCAS CARBONÍFERAS ESPAÑOLAS

Cuatro cuencas principales del carbón español :

- **Zona de Noroeste:** Comprende las cuencas de lignitos de Meirama y Puentes de García Rodríguez en Galicia. Son carbones de quemar que alimentan centrales térmicas importantes.
- **Zona del Norte:** Ocupa una superficie de más de 9.000 Km², distribuidos entre las provincias de Asturias, León, Palencia y retazos de Burgos. Se explotaba antracita y hulla principalmente como carbones de quemar (para térmicas fundamentalmente) y carbones siderúrgicos (coque). Es la mayor cuenca de España y es un gran sinclinal (cuenca central asturiana), fallado, con numerosas capas, todas de poca potencia, a excepción de la capa Pastora en la provincia de León que alcanzó potencias superiores a los 100 m.
- **Zona Ibérica:** Corresponde principalmente a los lignitos de Teruel (Andorra, Utrillas, etc.), son carbones de quemar que se utilizan en la central térmica de Andorra.
- **Zona Centro Sur:** Comprende el carbonífero de Puertollano(Ciudad Real) y el de Peñarroya (Córdoba), es hulla con alto grado de cenizas.



Localización de las principales cuencas carboníferas de España



PETRÓLEO



PETRÓLEO Y GAS NATURAL

- El petróleo y el gas natural, que consisten en diversos compuestos de hidrocarburos, se encuentran en entornos similares
- Derivan de restos de animales de origen marino.
- Su **formación es compleja** y no totalmente comprendida



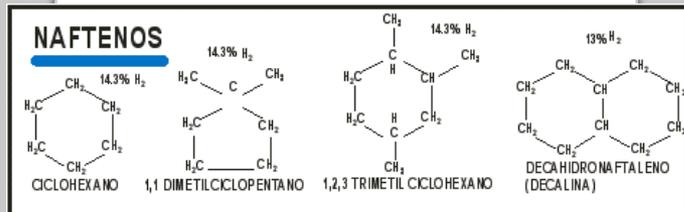
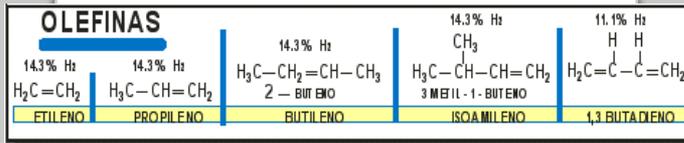
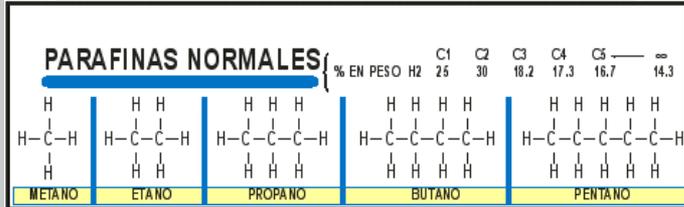
PETRÓLEO

-
- Mezcla compleja de hidrocarburos líquidos, sólidos y gaseosos con impurezas: S, menores cantidades de O, N y trazas de elementos inorgánicos.





COMPONENTES DEL PETRÓLEO



- GRUPOS DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS:

- PARAFINAS
- OLEFINAS
- NAFTÉNICOS ó CICLOPARAFINAS
- SERIE AROMÁTICA

CARACTERÍSTICAS DEL PETRÓLEO

- Color pardo claro-oscuro
- Fluorescente
- Ópticamente activo
- P.e.= 0.73-0.97° Baumé
- Impurezas: compuestos orgánicos de azufre, refinó → S elemental



GAS NATURAL

- El gas natural está formado por una mezcla de hidrocarburos gaseosos: **metano (75%-95%), etano, propano, butano y otros**, en proporción variable. Al igual que el petróleo, procede de la **fermentación de la materia orgánica** acumulada entre los sedimentos, con frecuencia se encuentra asociado a él.





GAS NATURAL

- Su **extracción** es **sencilla** y resulta muy económica ya que la propia presión hace que fluya por sí sólo.
- Su transporte se realiza mediante gaseoductos. Estos, aunque requieren una fuerte inversión, son de construcción sencilla y de bajo riesgo. El gas también se puede licuar a baja temperatura y transportar en barcos similares a los petroleros. El gas se almacena en tanques de forma esférica denominados gasómetros.



FORMACIÓN DEL PETRÓLEO Y GAS NATURAL

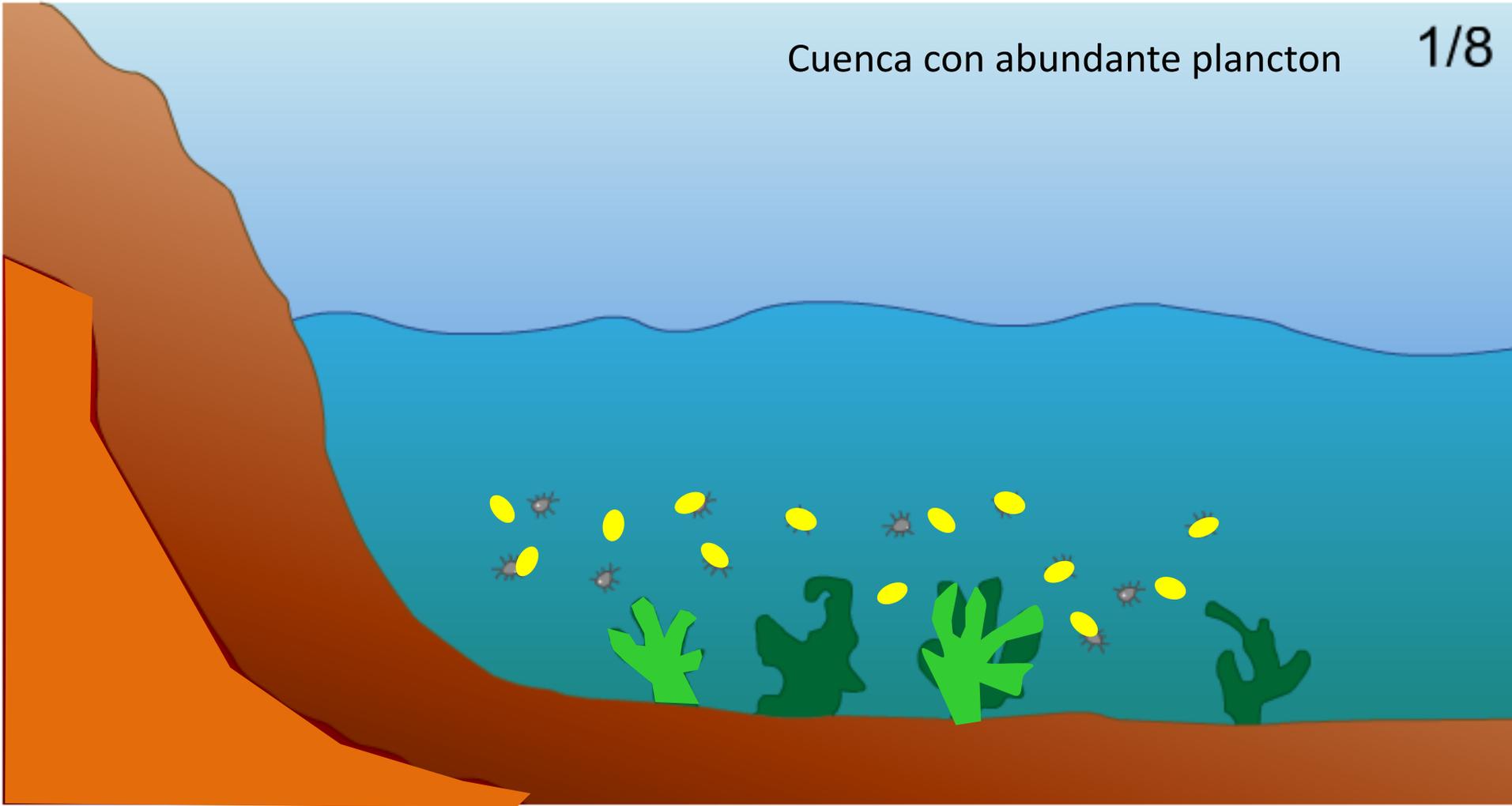
Bacterias y restos orgánicos → “descarboxilización de ácidos grasos procedentes de organismos marinos, a temperaturas no superiores a los 200°C”. Plancton o flotadores; necton y benton.

SE REQUIERE:

- Abundancia de plancton.
- Sedimentación de materiales inorgánicos protectores (grano fino, masa lodosa).
- Sedimentación rápida cubriendo los organismos, de modo continuo en largos períodos de tiempo.
- Recubrimiento de la roca madre por otras rocas estériles.

Cuenca con abundante plancton

1/8



FORMACIÓN DEL PETRÓLEO

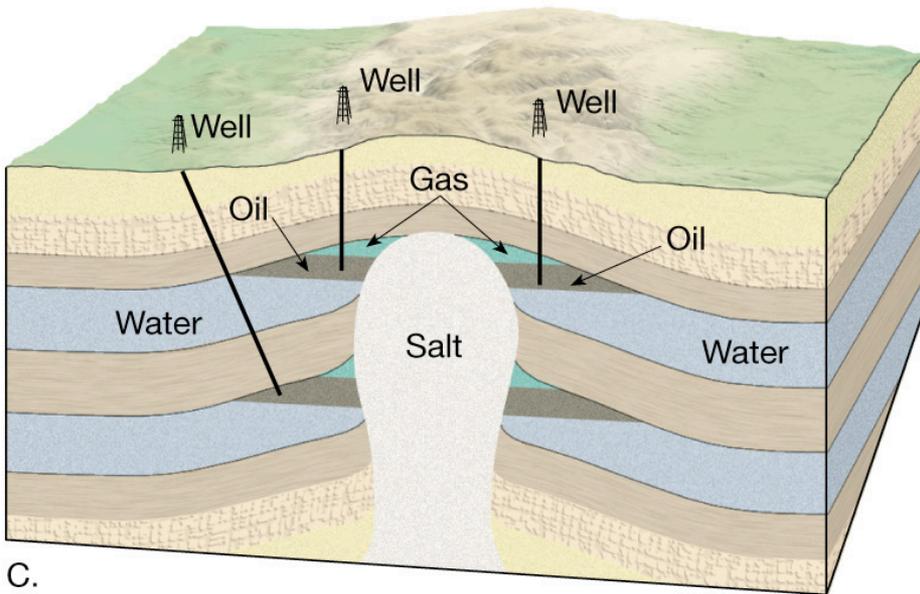
8/8

Cuando encuentra una capa impermeable quedan atrapados formando un depósito (Roca Almacén).

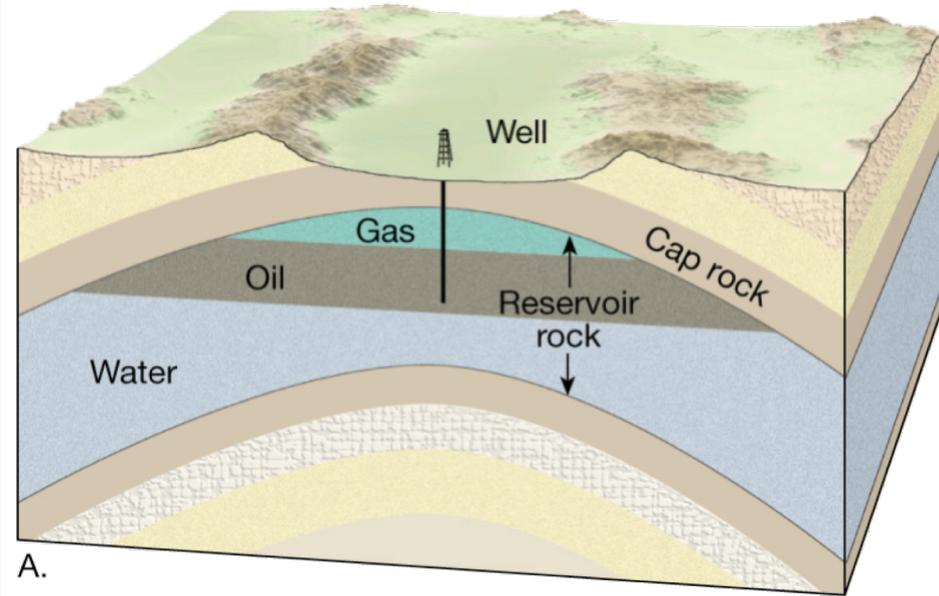
Depósito de petróleo

Depósito de gas



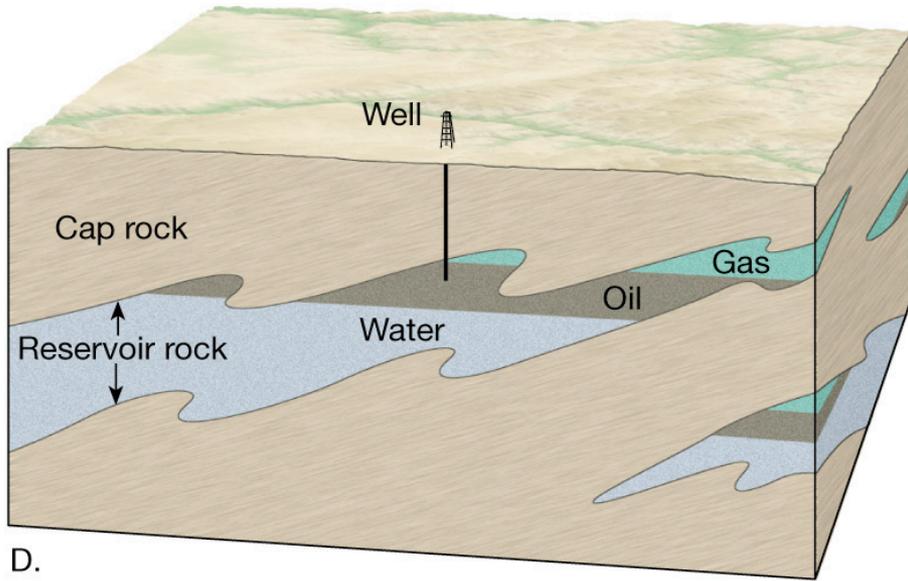


C.
DIPÍRICAS



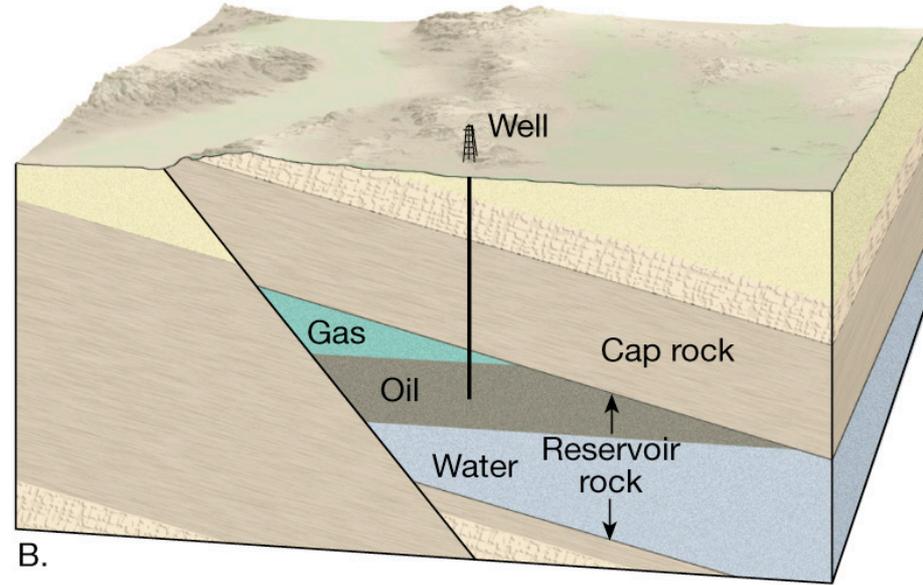
A.
ESTRUCTURALES

Tipos de Trampas petrolíferas



D.

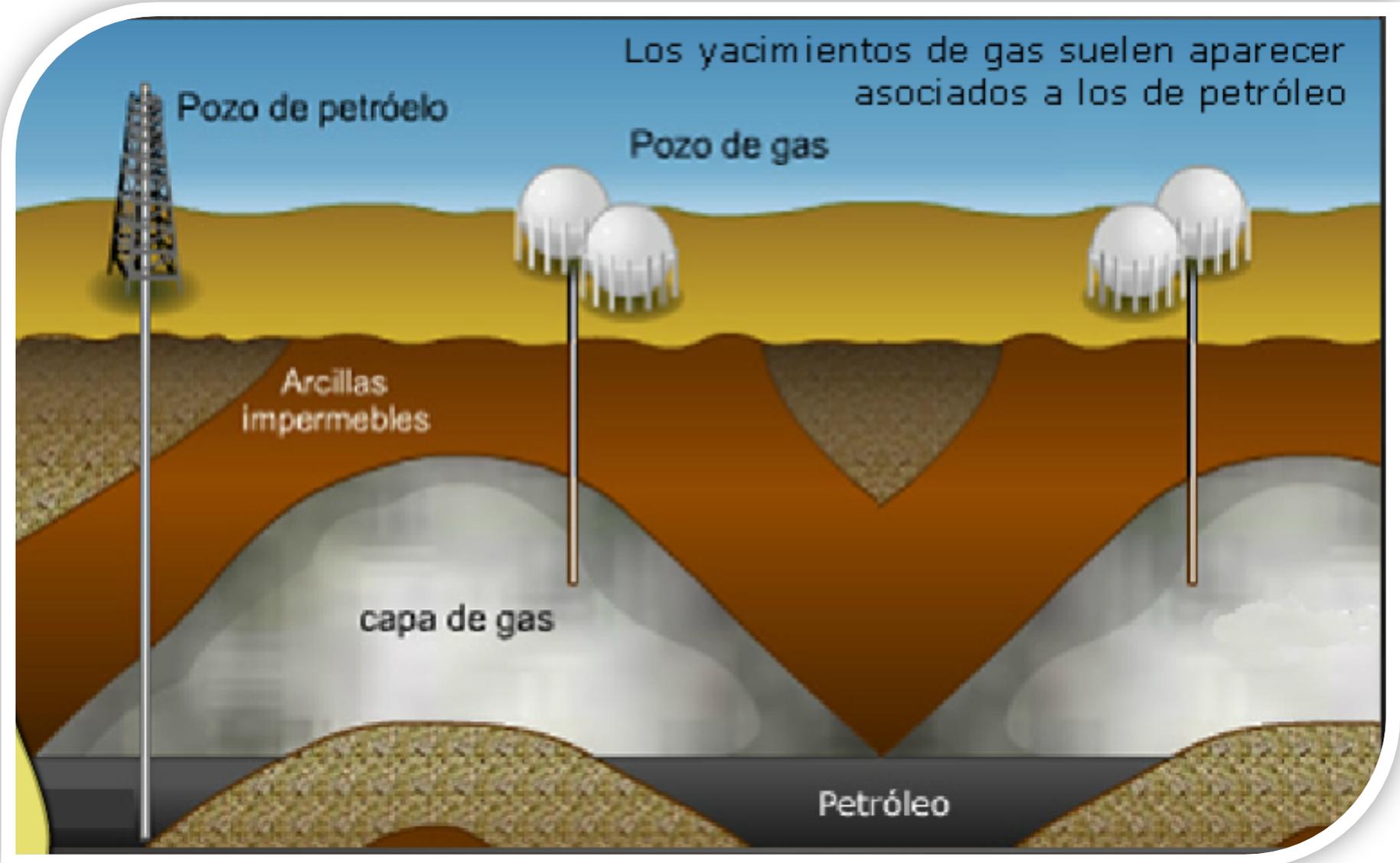
ESTRATIGRÁFICAS



B.

TECTÓNICAS

TIPOS DE TRAMPAS PETROLÍFERAS

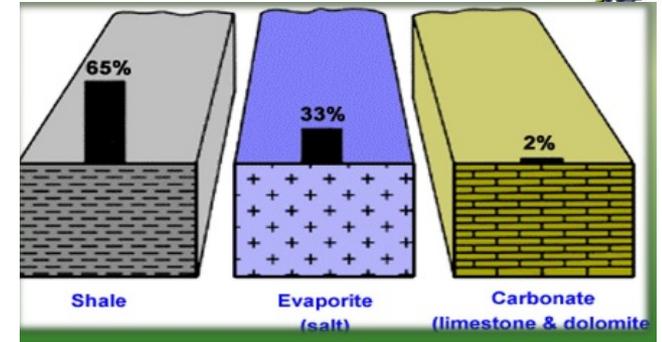


ROCA MADRE / ROCA ALMACÉN

ROCA MADRE: Capa de sedimentos lodosos cargados de materia orgánica, capaz de suministrar sustancias bituminosas a partir de la descomposición de la materia orgánica que contiene.

ROCA ALMACÉN: Capa que contiene los hidrocarburos emigrados de la roca madre. Permeable. Base de la formación y conservación de los hidrocarburos.

- Areniscas
- Calizas fracturadas
- Dolomías porosas



A photograph showing a large white wind turbine in the background and a dark metal oil pumpjack in the foreground. The ground is covered with patches of snow and sparse vegetation. The sky is overcast.

En España

De los yacimientos localizados en nuestro país, el más antiguo es el de Ayoluengo (Burgos), que data de 1964.

Posteriormente se descubrieron otros en el Mediterráneo, en el golfo de Valencia, en el Cantábrico, en el valle del Guadalquivir y en el golfo de Cádiz.



El consorcio que lidera Unión Fenosa Gas construirá nuevos pozos en el denominado **proyecto Viura**, en La Rioja, con el objetivo de alcanzar el millón de metros cúbicos diarios de gas en 2020. La inversión total en el yacimiento ronda los 140 millones de euros

Yacimientos de gas agotados, hoy almacenes de gas importado:

- GAVIOTA (Mar Cantábrico)
- SERRABLO (Pirineos)
- POSEIDÓN (Golfo de Cádiz)

**NUEVO ALMACÉN
GEOLÓGICO DE GAS EN
YELA (GUADALAJARA)**

PIZARRAS BITUMINOSAS

Las pizarras bituminosas son rocas sedimentarias pelíticas (arcillosas), menos a menudo carbonatadas (margas), ricas en kerógeno y pobres en bitumen (0.5-5%), y capaces de producir hidrocarburos por pirólisis, a unos 500 °C.

- Ocasionalmente reciben la denominación de "esquistos bituminosos", lo que resulta equívoco con respecto a su naturaleza petrográfica, puesto que nunca se trata de materiales metamórficos.
- El petróleo al migrar a través de fracturas y/o rocas porosas (asciende por su baja densidad) y deja un residuo sólido (pizarras bituminosas).
- La materia orgánica que contienen está formada por restos de algas lacustres o marinas. Su composición química es muy variable y compleja, generalmente con altas relaciones H/C (1.25- 1.75), y con relaciones O/C entre 0.2 y 0.02.



PIZARRAS BITUMINOSAS

Las pizarras bituminosas y arenas asfálticas presentan un lazo de parentesco geológico bastante estrecho con el petróleo. Las primeras son sustancias orgánicas precursoras del petróleo, mientras que las segundas son el resultado de la degradación de los crudos clásicos.

Las pizarras bituminosas destilan mayor número de hidrocarburos que los petróleos y constituyen las mayores reservas mundiales de los mismos.



Yacimientos de uranio

La fisión nuclear controlada produce gran cantidad de energía transformable en electricidad; el principal mineral empleado es el U. Los yacimientos de U tienen un variado origen, desde hidrotermales a sedimentarios. El 90% del uranio extraído en el mundo pertenece a mineralizaciones sedimentarias. Los sedimentos van desde los conglomerados proterozoicos Surafricanos a las areniscas rojas del SW de los Estados Unidos. Más de 160 especies de minerales de U, divididos en tres grupos:

- **Minerales conteniendo U y Th, como constituyentes mayores (unos 107):** Uraninita: UO_2 Torianita (ThO_2) y Pechblenda ($UO_2 + ThO_2$). En pegmatitas y filones.
- **Minerales en los que el U y Th son los constituyentes menores (41):** Coffinita: $U(SiO_4)_{1+x}(OH)_x$. Areniscas.
- **Minerales en los que el U Y Th son impurezas (12):** Autunita: $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12 H_2O$. Gossan pegmatitas. Torbernita: $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12 H_2O$. Pizarras. Carnotita: $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$. Areniscas. Brannerita: $(U,Ca,Ce)(Ti,Fe)_2 O_6$. Areniscas.

YACIMIENTOS DE URANIO EN ARENISCAS

Son yacimientos de mediana a pequeña ley (0.05-0.4% U_3O_8) y de tamaño mediano (máximo 50.000t U_3O_8).

Depositados en ambientes fluviales continentales o marinos someros, formando bolsadas.

62% de la producción mundial de U procede de las minas de Kazakhstan, explotados por lixiviación in situ

Se han introducido con posterioridad en la roca, aprovechando sus características de alta porosidad y permeabilidad



YACIMIENTOS DE URANIO EN ARENISCAS

Determinadas formaciones arenosas actúan como trampa para iones metálicos. Estos se depositarían en esos puntos al ser **arrastrados en disolución por las aguas que circulan** por esa formación: caso de los **yacimientos de uranio de tipo "roll-front"**, en los que las **trampas** corresponden a áreas locales con condiciones reductoras, relacionadas con la **concentración de materia orgánica** (restos vegetales, fundamentalmente), que favorecen la reducción del ión U^{6+} , muy móvil en condiciones atmosféricas, a U^{4+} , mucho menos móvil....

