

Juan Herrera Herbert

Características de los Hidrocarburos

**Serie: “Introducción a la perforación y producción
de petróleo y gas”**

Madrid - 2024



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Minas y Energía

www.minasyenergia.upm.es





Características de los Hidrocarburos

Serie: “Introducción a la perforación y producción de petróleo y gas”

Autor: Juan Herrera Herbert (juan.herrera@upm.es).

ADVERTENCIA

El presente documento ha sido preparado con una finalidad exclusivamente divulgativa y docente. Las referencias a productos, marcas, fabricantes y estándares que pueden aparecer en el texto, se enmarcan en esa finalidad y no tienen ningún propósito comercial.

Todas las ideas que aquí se desarrollan tienen un carácter general y formativo y el ámbito de utilización se circunscribe exclusivamente a la formación de los estudiantes de la UPM. La respuesta ante un caso particular requerirá siempre de un análisis específico para poder dictaminar la idoneidad de la solución y los riesgos afrontados en cada caso, además de las incidencias en los costes de explotación. Consulte siempre a su ingeniería, consultor, distribuidor y fabricante de confianza en cada caso.

Foto de portada: <https://xcelerator.siemens.com/global/en/industries/oil-gas>

Copyright © 2024. Todos los derechos reservados

DC: <https://oa.upm.es/84713/>

OAI: [oai:oa.upm.es:84713](https://oai.upm.es/84713)

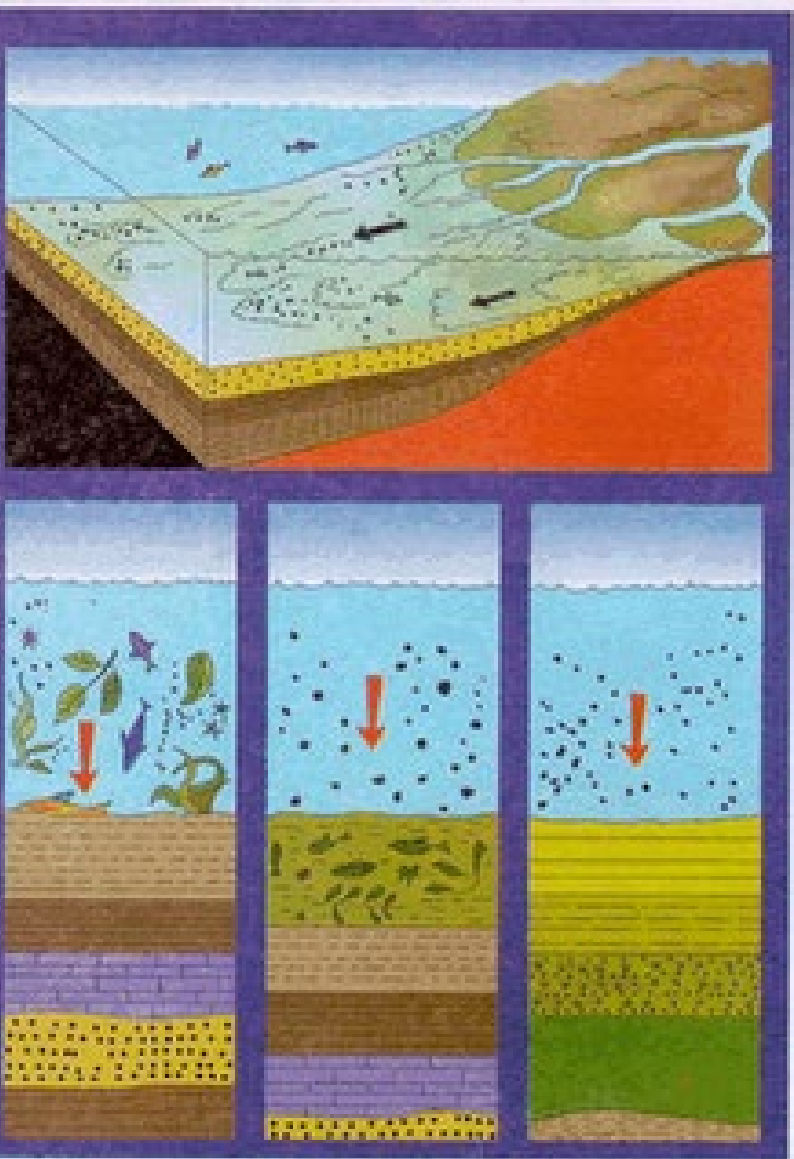


Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ingeniería Geológica y Minera
Laboratorio de Tecnologías Mineras

Calle Ríos Rosas 21
28003 Madrid (España)



Este documento ha sido formateado para su visualización y uso en dispositivos electrónicos y permitir ahorrar en el consumo de papel y tóner.
Antes de imprimirlo, piense si es necesario hacerlo.



- Definición simple:
Sustancia mineral fruto de la transformación de materia orgánica muerta proveniente del plancton que quedó depositada en fondos marinos y, en ausencia de oxígeno, quedó recubierta por sedimentos.
- Por efecto de la presión, temperatura y acción bactericida se fue transformando en mezcla de hidrocarburos que recibiendo el nombre de petróleo crudo normalmente asociado a hidrocarburos gaseosos.
- El petróleo crudo es, por lo tanto, un recurso natural no renovable
- Actualmente es la principal fuente de energía de los países desarrollados.

Concepto de hidrocarburos



- Etimológicamente, **Petróleo** significa aceite (Oleum) de piedra (Petro).
- El petróleo es una mezcla compleja y homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos: alcanos, alquenos, cicloalcanos y compuestos aromáticos. Un hidrocarburo es un compuesto químico cuyas moléculas están constituidas sólo por átomos de carbono y de hidrógeno, en distintas combinaciones.
- Antes de la refinación, es una sustancia líquida viscosa, de color oscuro cercano al negro y que suele recibir la denominación de aceite crudo, petróleo crudo o simplemente **crudo**.
- En los yacimientos, ésta sustancia puede estar en estado líquido, sólido o gaseoso.

- Composición elemental:
 - La composición elemental del petróleo normalmente está comprendida entre los siguientes intervalos porcentuales.

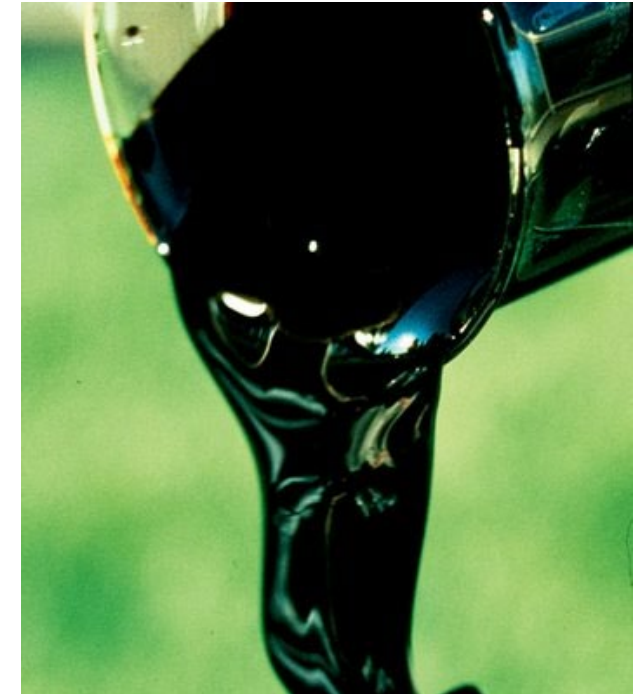
ELEMENTOS	PORCENTAJE
Carbono	84 - 87
Hidrógeno	11 - 14
Azufre	0 - 2
Nitrógeno	0,2



- En condiciones normales es un líquido bituminoso que puede presentar gran variación en diversos parámetros como color y viscosidad (desde amarillentos y poco viscosos como la gasolina hasta líquidos negros tan viscosos que apenas fluyen), densidad (entre 0,66 g/ml y 0,95 g/ml), capacidad calorífica, etc.
- Estas variaciones se deben a la diversidad de concentraciones de los hidrocarburos que componen la mezcla.
- El petróleo líquido puede presentarse asociado a capas de gas natural, en yacimientos que han estado enterrados durante millones de años, cubiertos por los estratos superiores de la corteza terrestre.

Almacenes de crudo

- El petróleo y el gas natural se encuentran en formaciones rocosas adecuadas para su almacenamiento, rellenando poros, huecos y fracturas de las rocas.
- El petróleo puede ser de color negro, verde, amarillo o marrón.
- Allí donde hubo mares someros en épocas pasadas, pudo haber generación:
 - Paleozoico: 500 millones de años – Argelia, Libia y USA.
 - Mesozoico: 200 millones de años – Mar del Norte, Oriente Medio, Golfo de Méjico, Brasil, Angola, Ayoluengo.
 - Terciario: 50 millones de años – Egipto, Indonesia, Malasia, Casablanca.



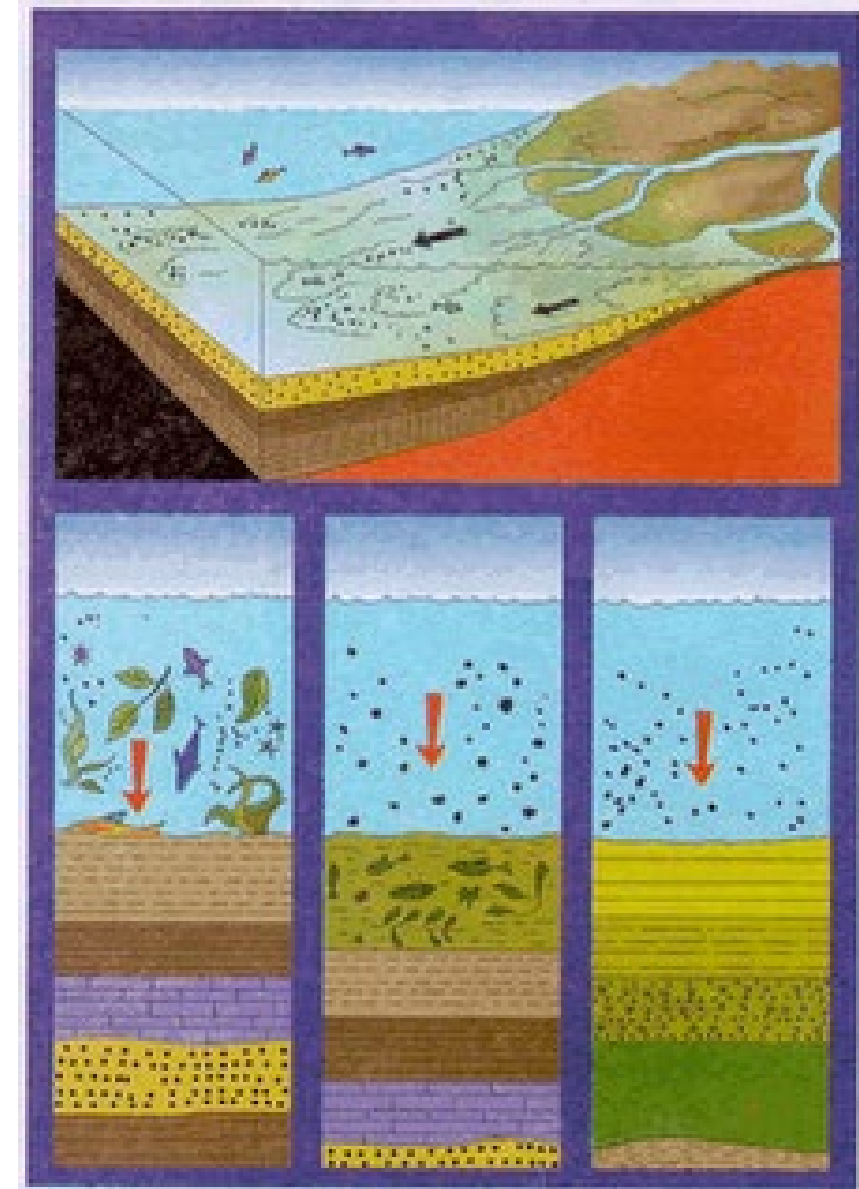


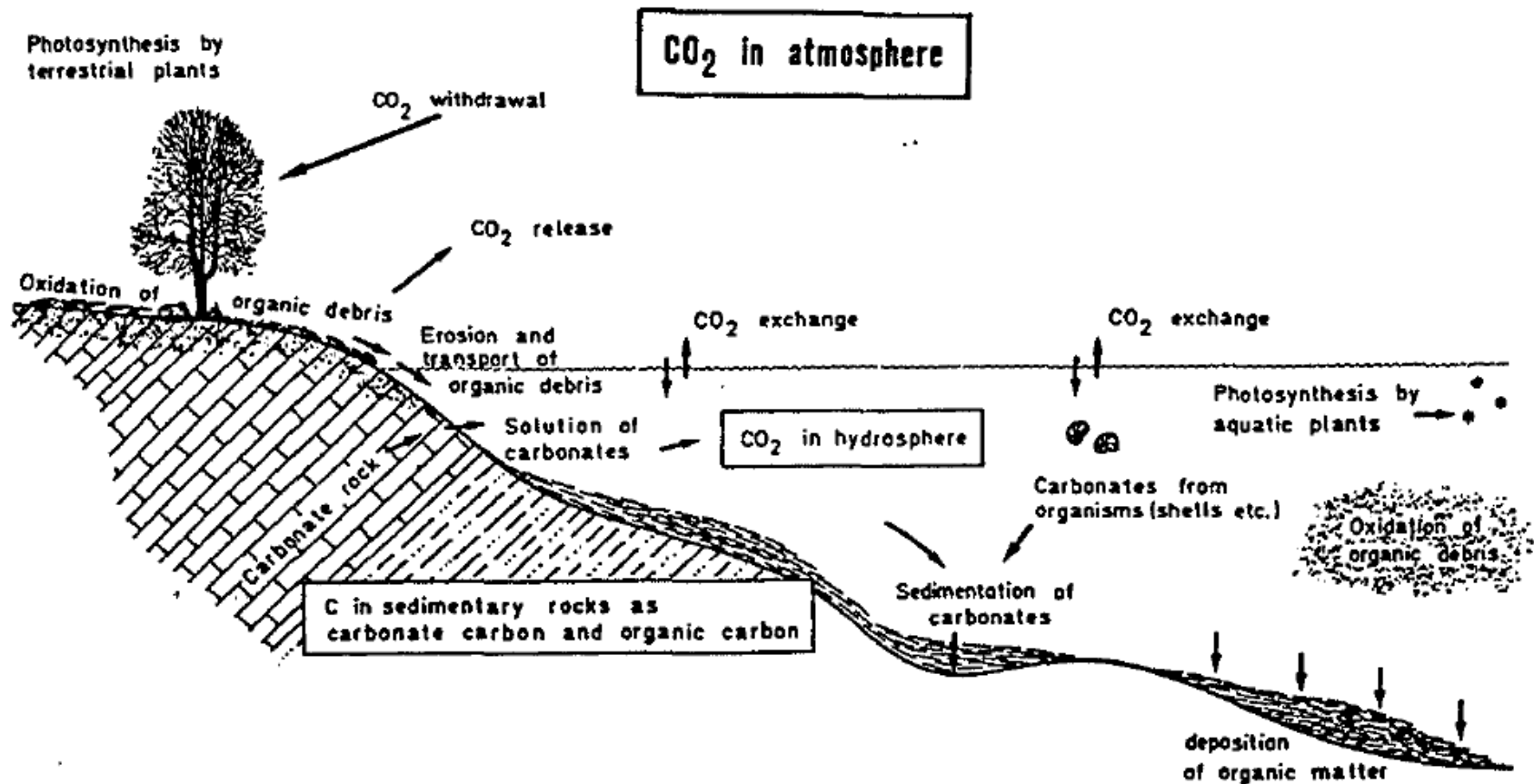
Origen de los hidrocarburos

- La materia orgánica una vez muerta, no siempre sufre el proceso de descomposición y oxidación a CO_2 .
- Pequeñas cantidades de la misma "escapan" de este ciclo al quedar atrapadas y protegidas entre los sedimentos en medios reductores.
- Si bien se piensa que estas cantidades preservadas no superan el 1% del total de la materia orgánica generada, a lo largo del tiempo geológico representan cantidades muy importantes.
- Esta materia orgánica así preservada entre los sedimentos, constituye el origen de los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural.

Origen del gas y el petróleo. Las cuencas sedimentarias

- El petróleo y el gas son producto de la materia orgánica contenida en ciertos sedimentos, transformada con el paso del tiempo:
 - Los sedimentos arrastrados por los ríos se depositan en los mares, que tienen una vida vegetal y animal más o menos intensa, que genera grandes volúmenes de materia orgánica.
 - El conjunto de la biomasa marina de tipo animal, constituido por:
 - Seres vivos de tamaños muy diferentes (peces, reptiles y mamíferos marinos, todos ellos dinosaurios marinos) que han conseguido llegar a un peso del orden de 100 toneladas, pero tan sólo representan una pequeña parte de la biomasa marina animal.
 - La mayor cantidad de biomasa marina, originada por pequeños crustáceos (por ejemplo, el krill) y por zooplancton, que sólo puede verse con microscopio.
 - El conjunto de la biomasa marina vegetal, constituida por un amplio abanico de especies que van desde algas gigantes espectaculares hasta las algas microscópicas, con frecuencia unicelulares, llamadas fitoplancton.

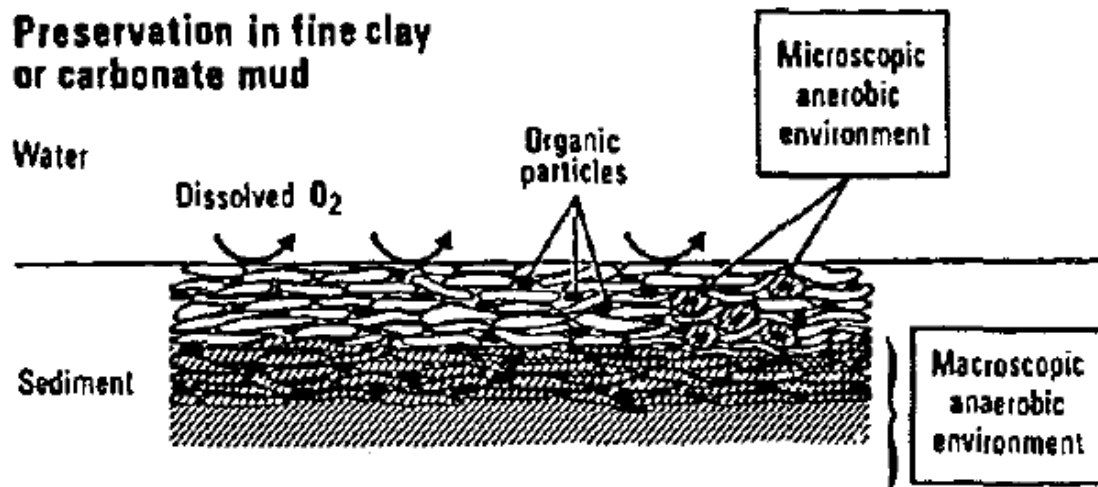






- Todos estos seres vivos, sometidos al ciclo de la vida, caerán al fondo de los océanos, mares o lagunas al morir, quedando mezclados con los sedimentos.
- La mayoría de esta biomasa orgánica desaparecerá por descomposición: oxidación lenta o rápida, digestión por toda una "cadena alimentaria", cuya última etapa está formada por bacterias.
- Pero una parte se conservará, especialmente cuando la biomasa se deposita en medios reductores pobres en oxígeno y pobres en bacterias, produciendo entonces depósitos sedimentarios ricos en materia orgánica. Si bien se piensa que estas cantidades preservadas no superan el 1% del total de la materia orgánica generada, a lo largo del tiempo geológico representan cantidades muy importantes. Es ésta la materia orgánica que constituye el origen de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural).

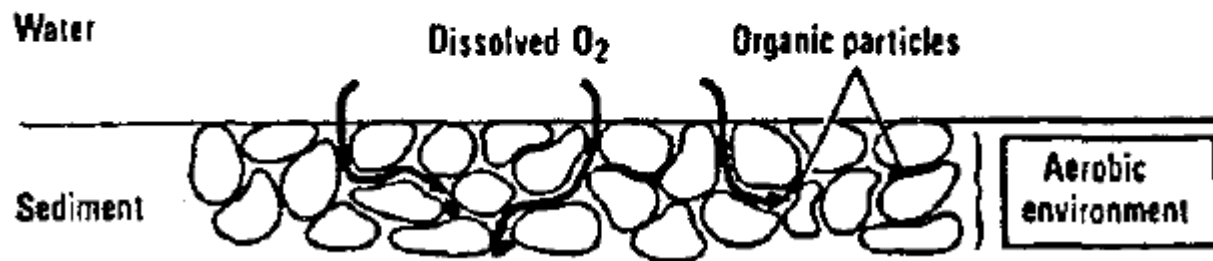
Preservation in fine clay or carbonate mud



Preservation or destruction of the organic matter in a freshly deposited sediment.

In a fine clay or carbonate mud (top), pore water becomes a nearly closed microenvironment. There is no replenishment of oxygen, and anaerobic conditions are rapidly established, first on microscopic, then on a macroscopic scale.

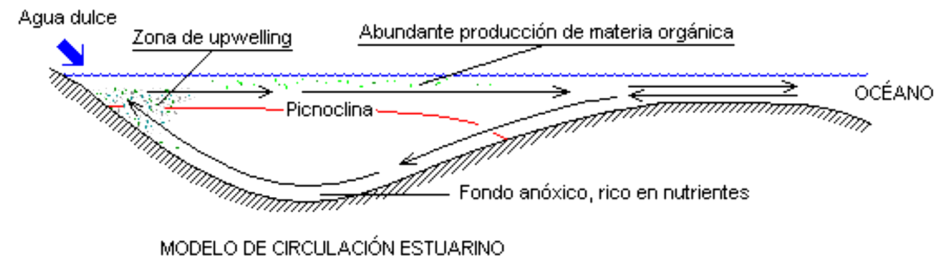
Destruction in a porous sediment deposited under aerobic conditions



In a porous sand deposited under aerobic conditions (bottom), free circulation of water containing dissolved oxygen results in the destruction of the organic matter

Rocas madre de petróleo (entornos productores)

- Se entiende por roca madre aquella unidad sedimentaria que ha generado y expulsado suficiente petróleo o gas como para que sea acumulable y explotable de forma económicamente rentable.
- Las localizaciones donde se produce el petróleo son aquellas donde hubo una abundante masa de agua y abundantes aportes orgánicos a un entorno o ambiente reductor. Estas zonas pueden ser:
 - Lagos: normalmente en un contexto tectónico activo y en zonas ecuatoriales, donde la estratificación de las aguas (por salinidad o densidad) impida la mezcla de las aguas superficiales y profundas.
 - Deltas: la roca madre son las lutitas del prodelta, con materia orgánica procedente de vegetales transportados por los ríos y materia orgánica de fito- y zooplancton.
 - Cuencas marinas semicerradas con un balance positivo (mayor entrada de agua dulce que de agua salada), y con un modelo de circulación estuarino.
 - Cuencas marinas abiertas, en zonas de upwelling, donde se produce una zona de mínimo oxígeno.
 - En plataformas y cuencas profundas en periodos de máxima trasgresión.



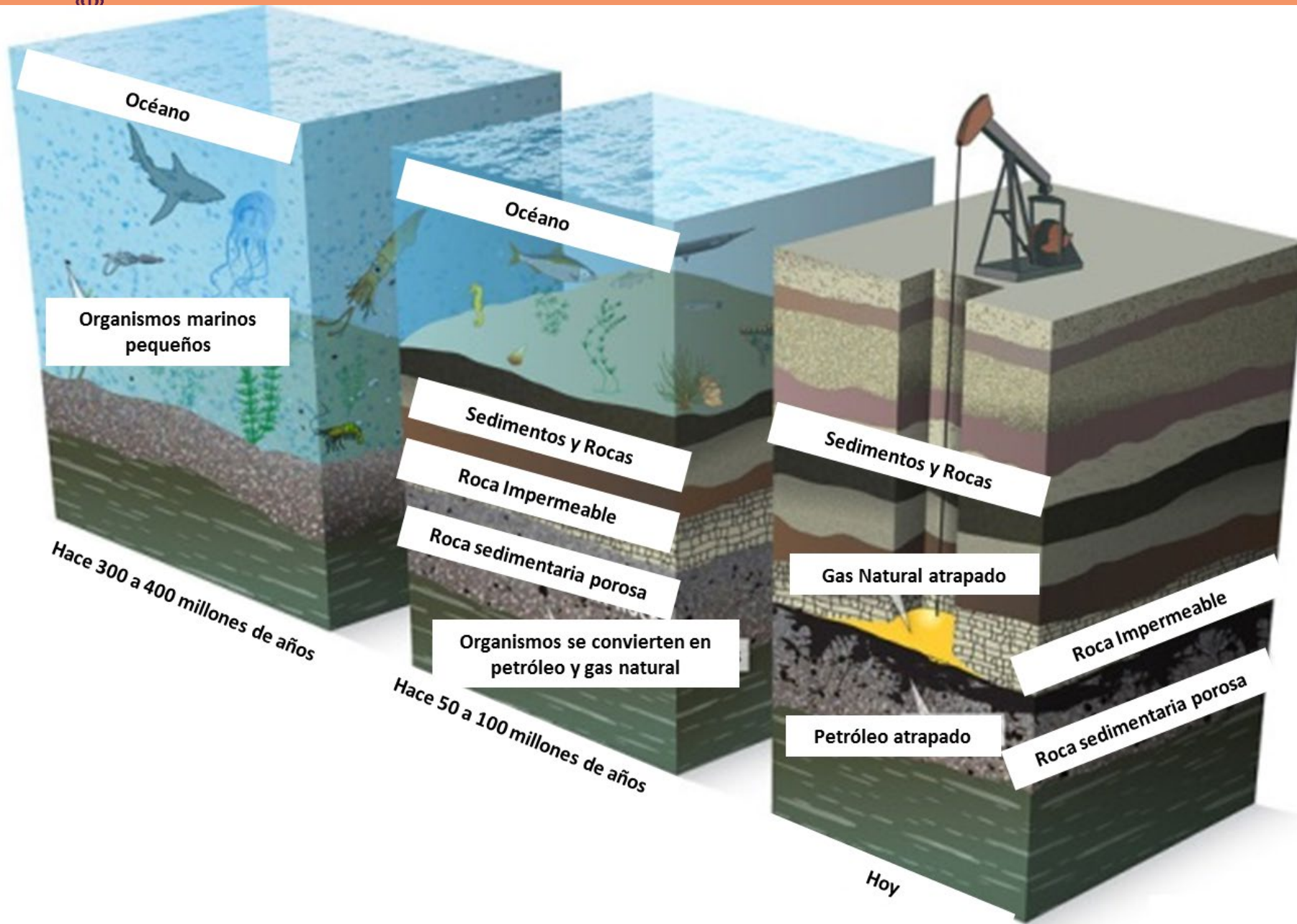
Origen del gas y el petróleo. Formación de rocas madre

- Generalmente estos depósitos son arcillas, que constituirán las "rocas madre" del petróleo y del gas. La materia orgánica se transformará paulatinamente debido a la presión y la temperatura, para producir en primer término el kerógeno, antecesor del petróleo y del gas.
- Este kerógeno se encuentra en ciertas rocas sin que haya sido transformado, por ejemplo, en los esquistos bituminosos. Cuando los sedimentos ricos en kerógeno se ven sometidos a presiones y temperaturas más altas, éste se transforma paulatinamente en petróleo y en gas.
- Generalmente son rocas oscuras, finamente laminadas y que pueden ser lutitas, carbonatos, margas, rocas carbonosas.
- La cantidad de materia orgánica se mide en TOC (%) que es el contenido en carbono orgánico total, o bien por su composición (tipo de materia orgánica).
- Valores de TOC > 1% son analizables porque dan lugar a generación de hidrocarburos. Valores comprendidos entre 2,5 y 5% son ideales y superiores a 5% son excepcionalmente buenos.
- El tipo de materia orgánica y la madurez son datos claves del inicio de toda investigación de cuencas petroleras.



Transformación de la materia orgánica en petróleo

- La fase de la transformación química de la materia orgánica en petróleo es quizás la parte menos conocida por los investigadores del mundo del petróleo, precisamente por la gran complejidad del proceso.
- Diversos autores proponen tres fases perfectamente diferenciadas:
 - Diagénesis
 - Catagénesis
 - Metagénesis.

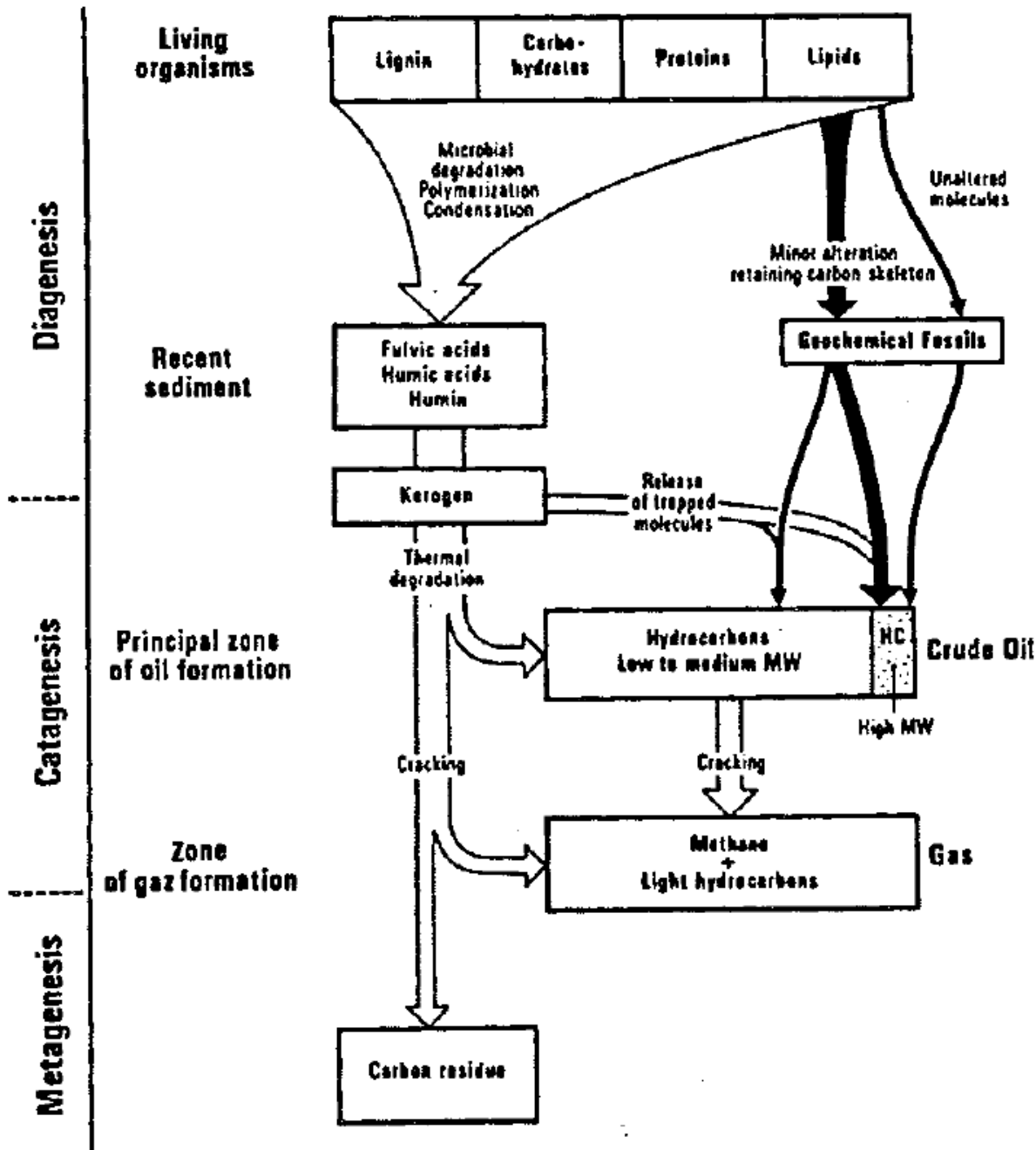


Transformación de la materia orgánica a petróleo

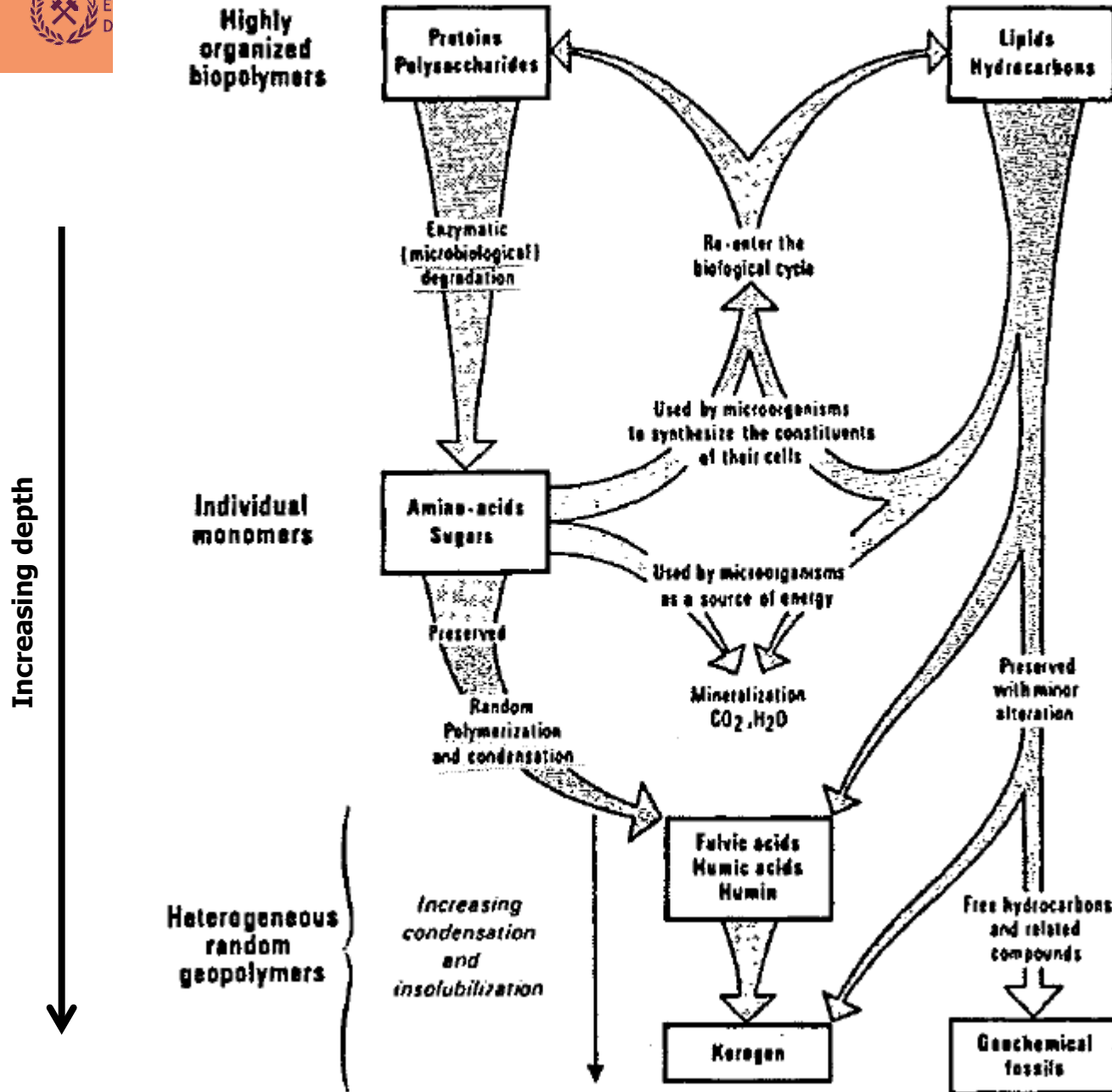
- El sedimento orgánico se transforma en el llamado kerógeno, que se acumula en una roca madre.
- Como consecuencia de los procesos geológicos, que incrementan la presión y la temperatura a lo largo del tiempo, tienen lugar las transformaciones que se reflejan en el siguiente cuadro:

Profundidad	Tª máxima		
1km	90°C	Diagénesis (etapa submadura)	KERÓGENO + GAS BIOGÉNICO (SIN GENERACIÓN DE HCS)
			Inicio de la generación de petróleo
4km	175°C	Catagénesis (etapa madura)	PETRÓLEO
			Límite de la preservación del petróleo
			GAS HÚMEDO
5km	220°C	Metagénesis (etapa supermadura)	Límite de la preservación del gas húmedo
			GAS SECO
6km	315°C		Límite de la preservación del gas seco

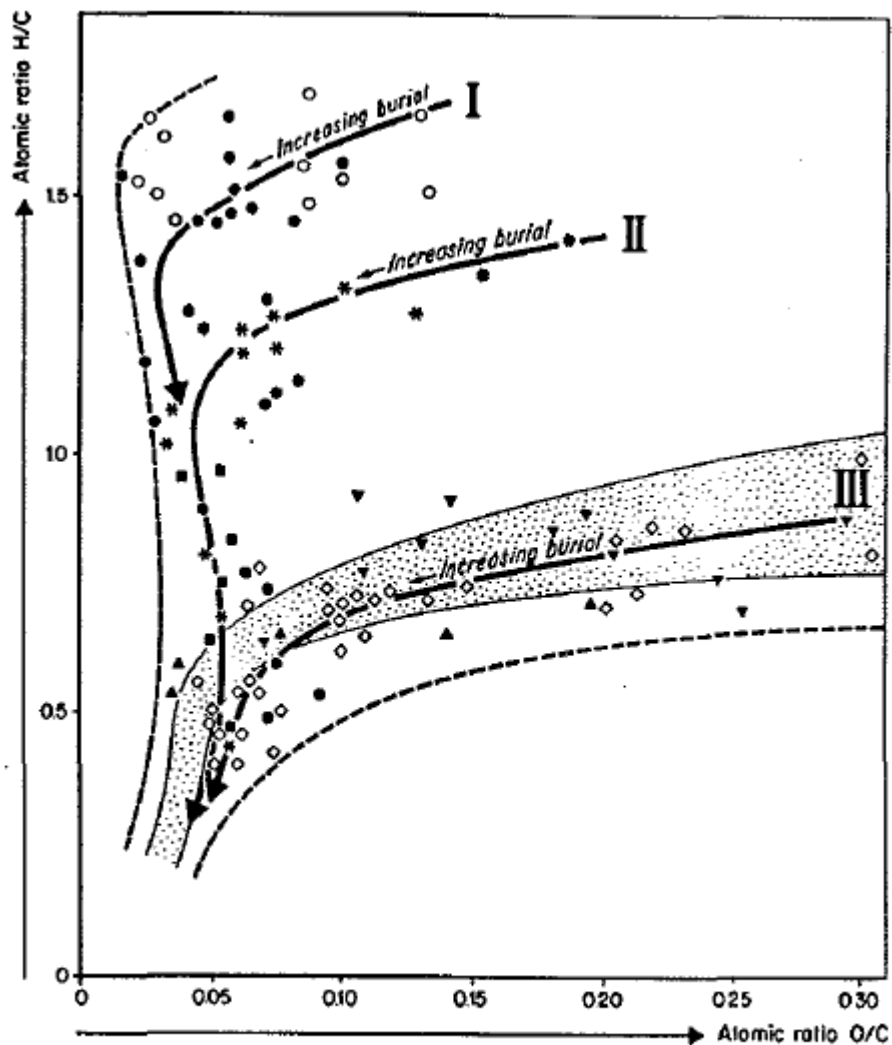
Ventana de petróleo



Sources of hydrocarbons in geological situations, with regard to the evolution of organic matter. Geochemical fossils represent a first source of hydrocarbons in the subsurface (black solid arrows). Degradation of kerogen represents a second source of hydrocarbons (grey dotted arrows).



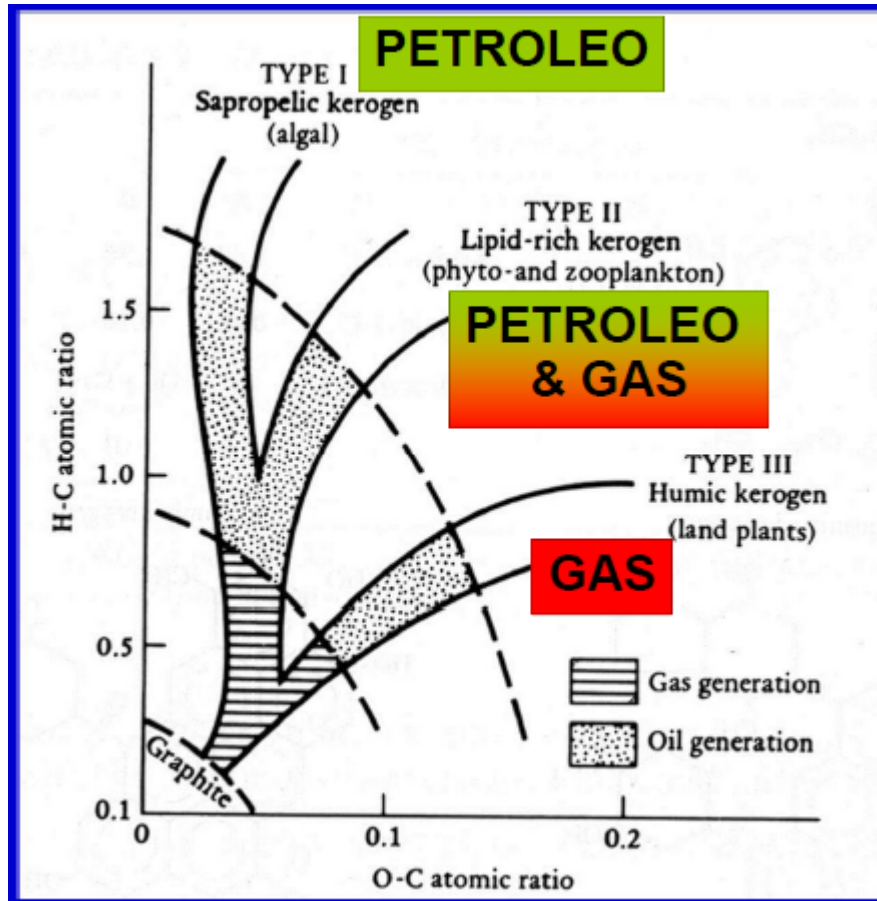
Evolution of organic material during sedimentation and diagenesis, resulting in two main organic fractions: kerogen and geochemical fossils



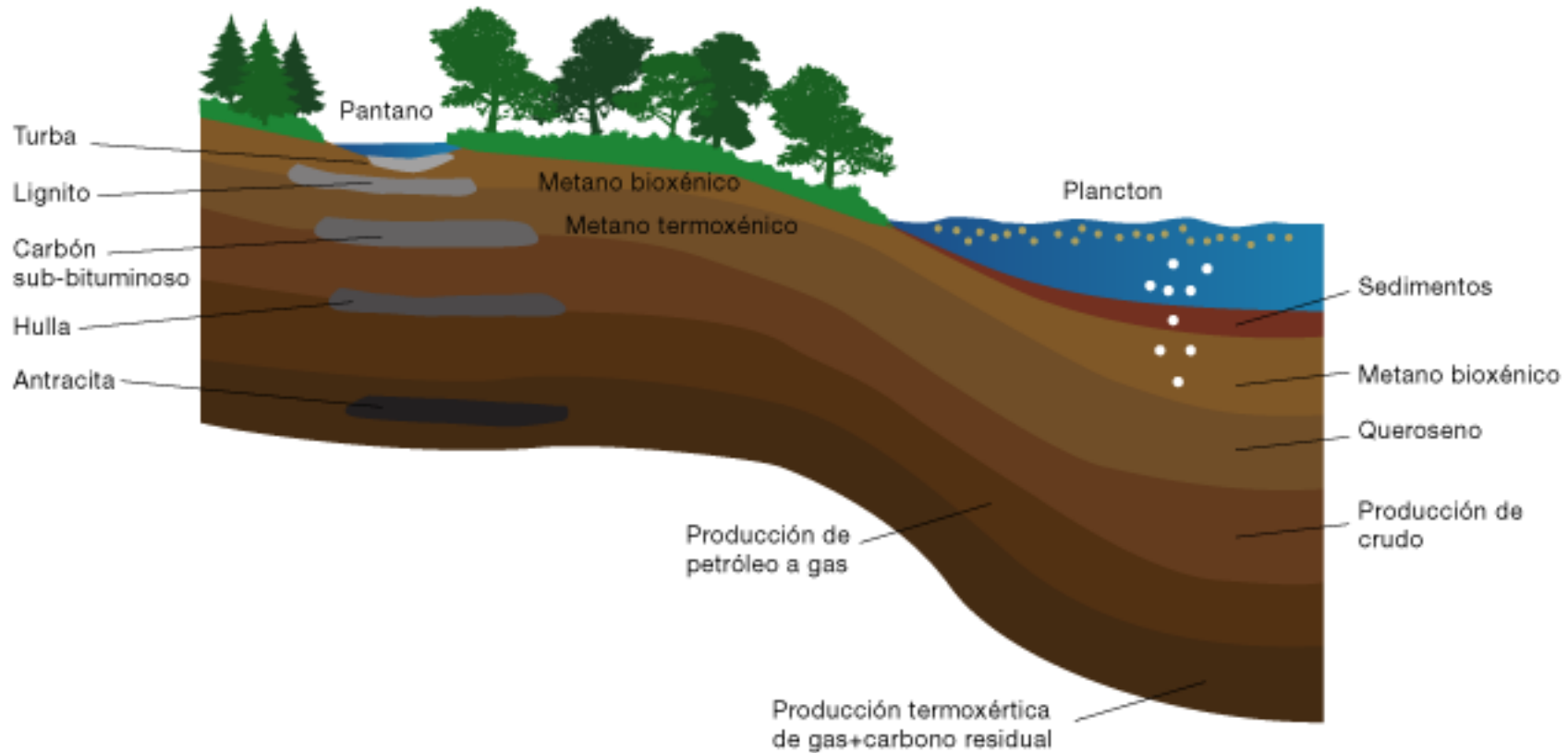
Main path of humic coals (after Durand et al, 1976)
 Boundaries of the field of kerogen
 Evolution paths of the principal types of kerogen

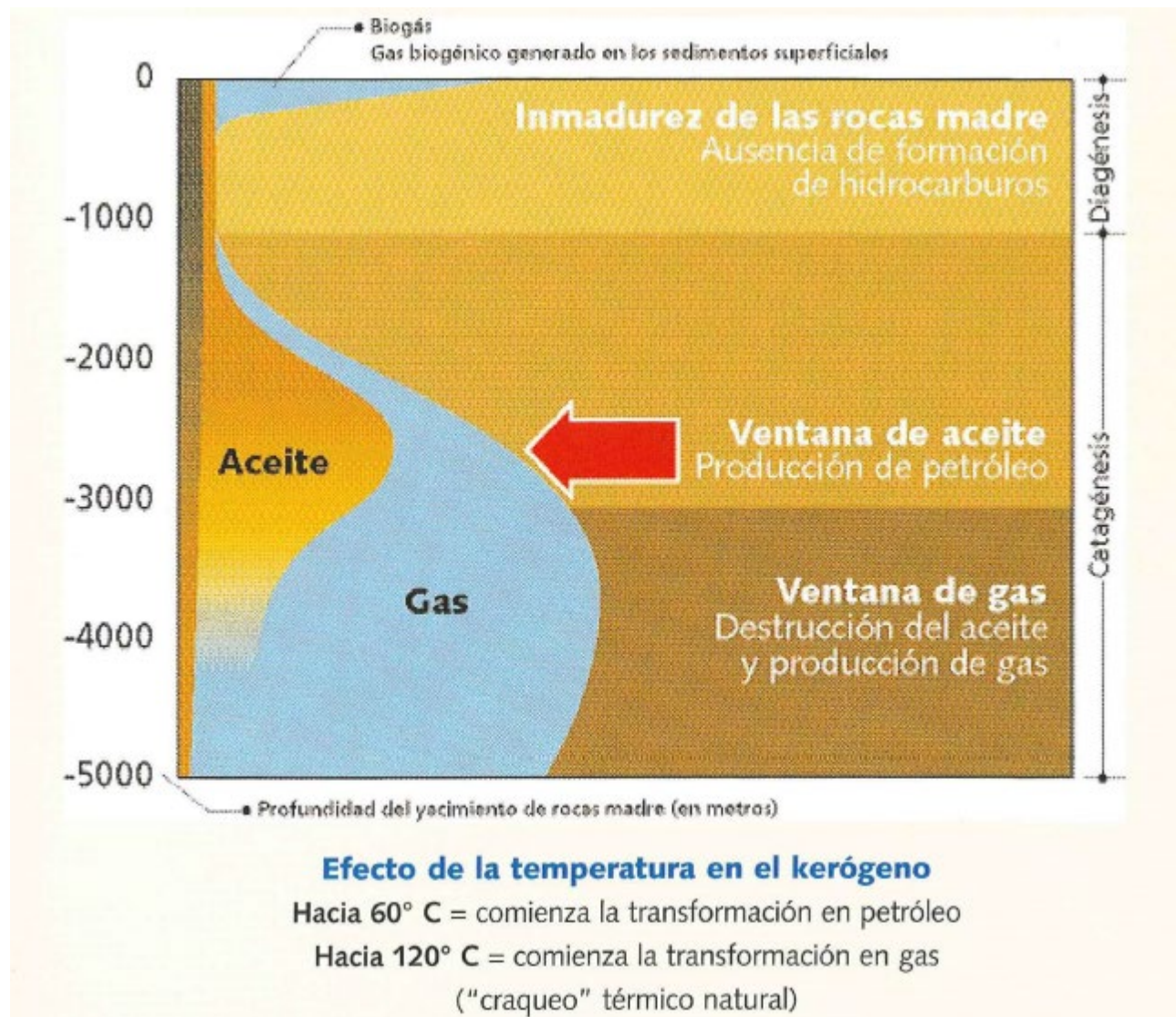
Type	Age and /or formation	Basin, country	
I	Green River shales (Paleocene-Eocene)	Uinta, Utah, USA	●
	Algal kerogens (Botryococcus, etc...), Various oil shales		○
II	Lower Tordion shales	Paris, France; W. Germany	*
	Silurian shales	Sahara, Algeria and Libya	■
	Various oil shales		●
III	Upper Cretaceous	Douala, Cameroon	◇
	Lower Mannville shales	Alberta, Canada	▲
	Lower Mannville shales (Mc Iver, 1967)	Alberta, Canada	▼

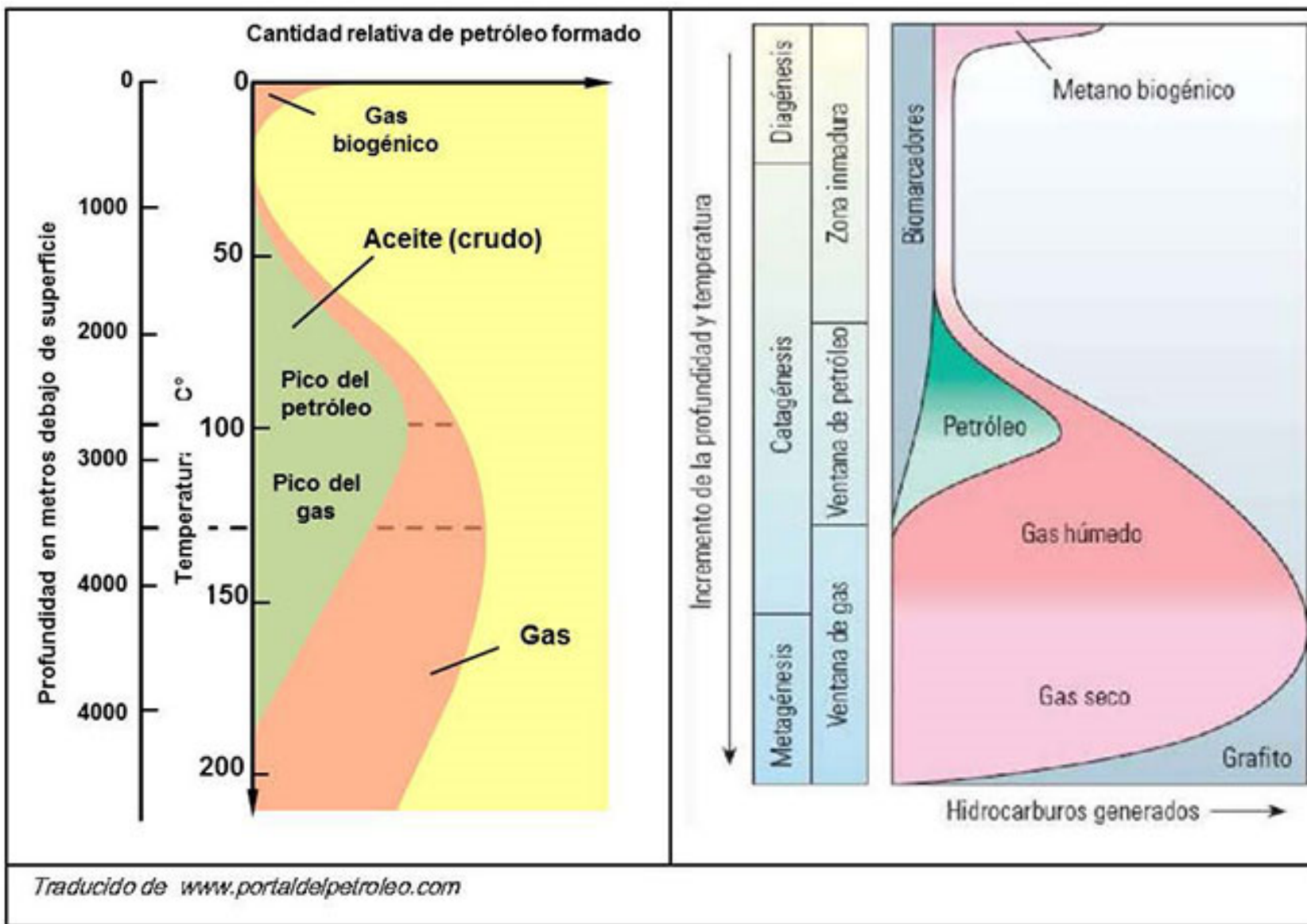
Principal types and evolution paths of kerogen: types I, II and III are most frequent. Kerogens of intermediate composition also occur. Evolution of kerogen composition with increasing burial is marked by an arrow along each evolution path I, II and III.



El tipo de roca madre controla el tipo de hidrocarburos que puede generar.



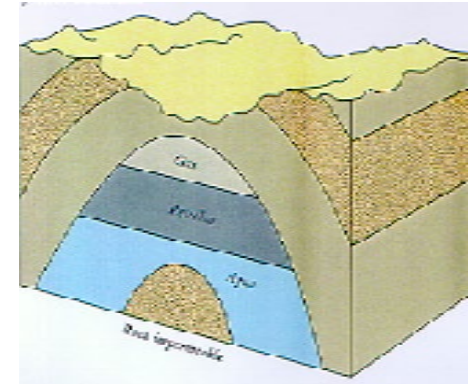






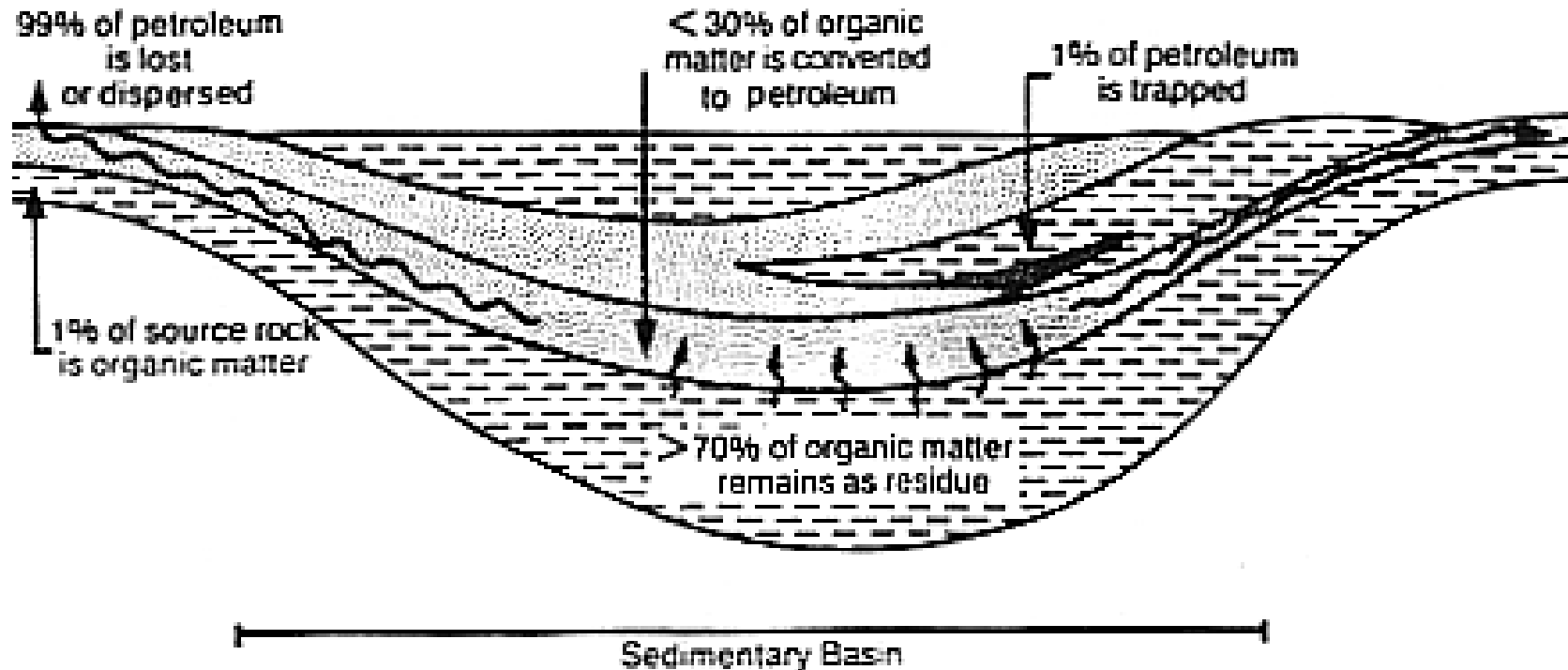
Coreplugs of chalk without and with oil.

Fuente: Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS)
<http://www.geus.dk>



Rocas almacén y migraciones de petróleo

- Por *roca almacén* se entiende una roca lo suficientemente porosa y permeable como para que pueda almacenar petróleo en cantidad explotable de forma económicamente rentable. Esta roca además ha de ser cerrada y tener alguna relación física con la roca madre, ya sea por una fractura que permita el paso de los HCs o bien por contacto directo.



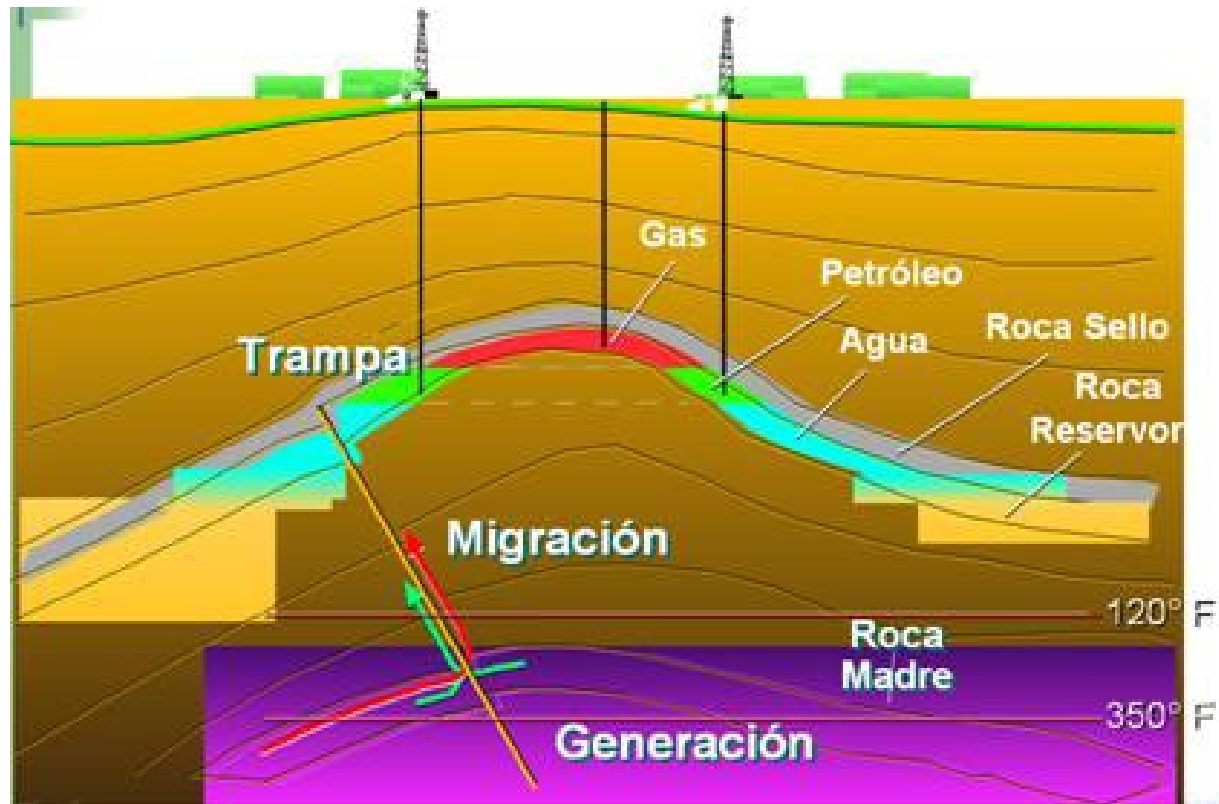


Es el paso del petróleo desde la roca madre hasta la roca almacén.

En ella se dan los siguientes procesos:

- **Compactación:** se pierde porosidad por disminución del volumen de sedimento y por las cementaciones asociadas, así como las recristalizaciones. Todo ello consigue que aumente la presión de fluidos y por tanto se produce un gradiente de presión y de temperatura, generando el desplazamiento de los fluidos hacia zonas más "confortables" (de menor p y T).
- **Deshidratación de arcillas hinchables:** esto consigue liberar agua a los poros, con lo que aumenta de nuevo la presión intersticial.
- **Cambios químicos de la materia orgánica:** pasamos de kerógeno a petróleo y a gas, aumentando la entropía del sistema, además disminuye el peso molecular de los HCs (y por tanto el tamaño de la cadena) con lo que la movilidad es mayor y puede incluso aumentar tanto la presión intersticial que cause abundante microfracturación para liberar la presión de los poros.

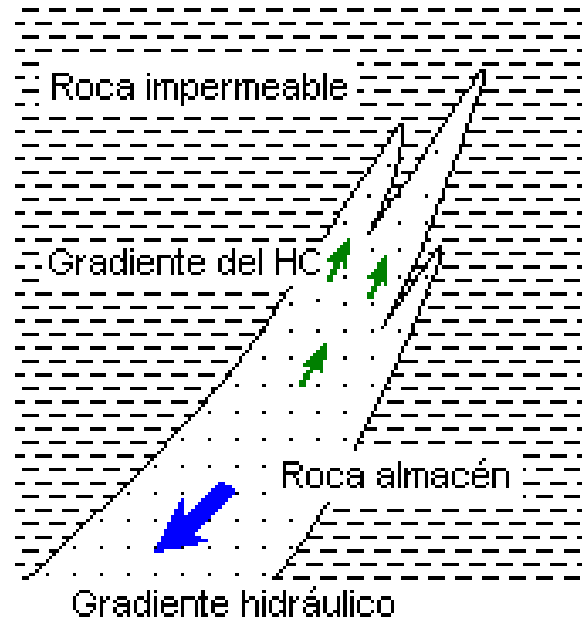
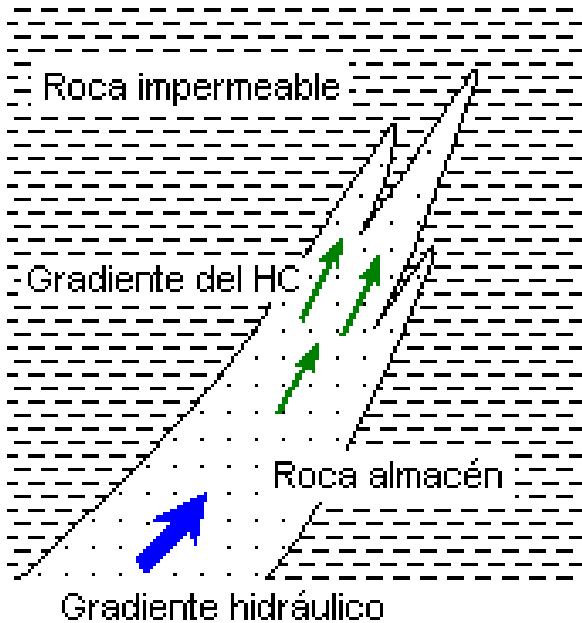
Migración primaria



Los mecanismos por los que se supone que migran los HCs son los siguientes:

- **Movimiento en disolución:** parte del petróleo es soluble en agua y por lo tanto podría viajar en disolución con ésta. El problema es que en zonas someras la solubilidad es muy baja y en zonas profundas el tamaño del poro se reduce tanto que dificultaría los procesos de solubilidad.
- **Formación de burbujas de HCs:** estas burbujas viajarían en inmiscibilidad líquida con el agua.
- **Formación de coloides y micelas de HCs:** se produce una orientación de las moléculas de los HCs de tal modo que la parte hidrofóbica quede protegida por la parte hidrofílica en contacto con el agua.
- **Difusión como una fase continua:** el HC se mueve aprovechando fracturas, contactos entre formaciones rocosas.

Migración secundaria



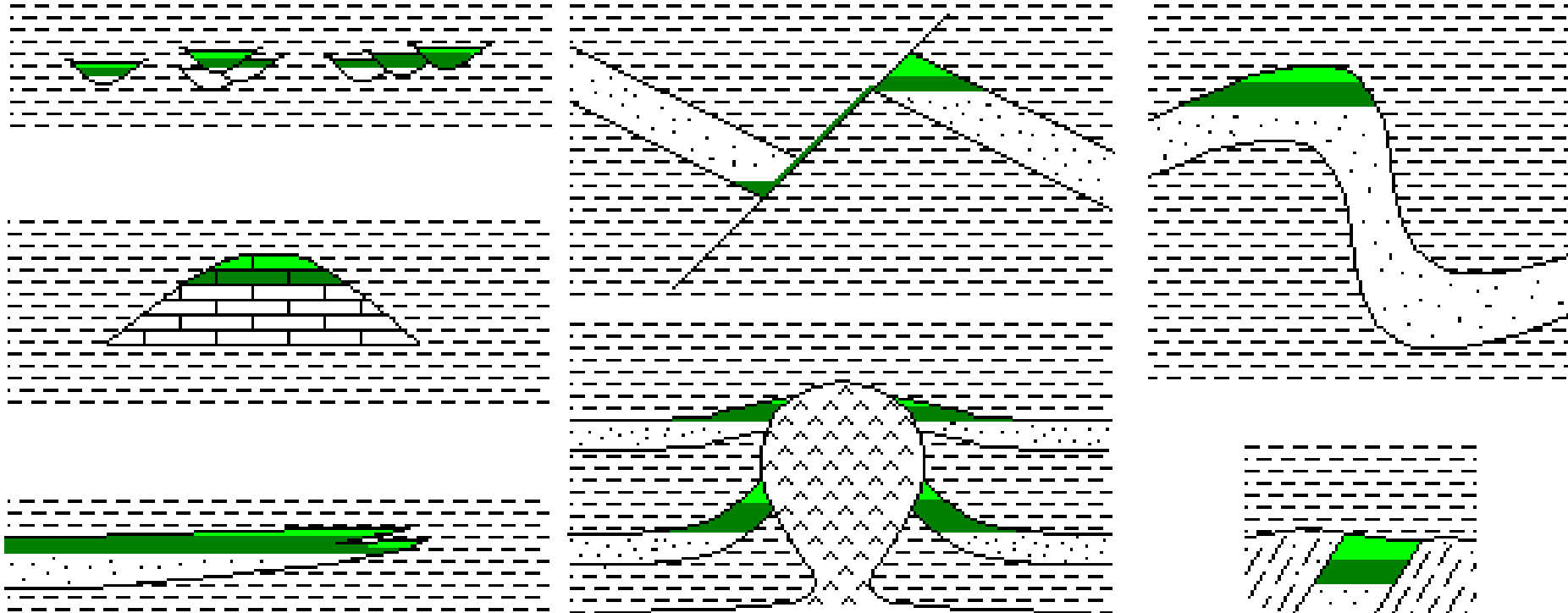
Son las migraciones que sufren los HC dentro de la propia roca almacén, donde los procesos que se dan son los siguientes:

- **Flotabilidad:** el petróleo menos denso que el agua, tiende a ponerse sobre ésta y dentro del petróleo, la parte gaseosa sobre la líquida.
- **Presión capilar:** en ocasiones impide el movimiento, pero por ósmosis se puede producir la migración.
- **Gradientes hidrodinámicos:** según el gradiente vaya en un sentido o en otro, se puede favorecer la migración o dificultarla.

Trampas de petróleo

- Una *trampa de petróleo* es una estructura que presenta la roca almacén que favorece la acumulación del petróleo y puede ser de tres tipos principalmente:
 - **1. Trampa estratigráfica:**
 - a. Primarias: relacionadas con la morfología del depósito y con procesos acaecidos durante la sedimentación (interdigitaciones, acuñaientos, arrecifes, cambios laterales de facies, etc.).
 - b. Secundarias: relacionadas con procesos postsedimentarios (cambios diagenéticos –caliza <> dolomía–, porosidades por disolución, discordancias...)
 - **2. Trampa estructural:** relacionadas con procesos tectónicos o diastrofismo (fallas, cabalgamientos, antiformalas, etc.).
 - **3. Trampas mixtas:** se superponen causas estratigráficas y estructurales (como serían las intrusiones diapíricas).
- Más del 60% de las estructuras de petróleo que se están explotando en la actualidad corresponden a trampas estructurales de tipo antiforme, y otra estructura importante son las estructuras asociadas a procesos de diapirismo, pues a la hora de hacer campañas de exploración, las masas diapíricas poco densas, son fácilmente localizables por métodos geofísicos.
- Un conjunto de trampas de petróleo localizadas en un área concreta, recibe el nombre de *campo de petróleo* y varios campos de petróleo asociados constituyen *provincias petrolíferas*.

Tipos de trampas



■ Petróleo
■ Gas

Algunos ejemplos de trampas de petróleo

- Tipos de trampas de petróleo en el subsuelo.*
- 1) Estrato formando cuña
 - 2) Estrato paralelo
 - 3) Anticlinal
 - 4) Falla.



Tipos de hidrocarburos explotados

- HIDROCARBUROS EN FORMA LÍQUIDA
 - Petróleo
 - Crudos pesados
 - Condensado de gas natural

- HIDROCARBUROS EN FORMA GASEOSA
 - Gas natural
 - Gas licuado del petróleo GLP

- HIDROCARBUROS EN FORMA SÓLIDA
 - Betunes y arenas bituminosas
 - Hidratos de gas natural

- HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES

Petróleo

- El petróleo está formado principalmente por hidrocarburos, en su mayoría parafinas, naftenos y aromáticos. Junto con cantidades variables de derivados saturados homólogos del metano (CH_4). Su fórmula general es $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.
 - Cicloalcanos o cicloparafinas-naftenos: hidrocarburos cíclicos saturados, derivados del ciclopropano (C_3H_6) y del ciclohexano (C_6H_{12}). Muchos de estos hidrocarburos contienen grupos metilo en contacto con cadenas parafínicas ramificadas. Su fórmula general es C_nH_{2n} .
 - Hidrocarburos aromáticos: hidrocarburos cíclicos insaturados constituidos por el benceno (C_6H_6) y sus homólogos. Su fórmula general es C_nH_n .
 - Alquenos u olefinas: moléculas lineales o ramificadas que contienen un enlace doble de carbono ($-\text{C}=\text{C}-$). Su fórmula general es C_nH_{2n} . Tienen terminación "-eno".
 - Dienos: Son moléculas lineales o ramificadas que contienen dos enlaces dobles de carbono. Su fórmula general es $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.
 - Alquinos: moléculas lineales o ramificadas que contienen un enlace triple de carbono. Su fórmula general es: $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Tienen terminación "-ino".



- Además de hidrocarburos, el petróleo contiene otros compuestos que se encuentran dentro del grupo de orgánicos, entre los que destacan sulfuros orgánicos, compuestos de nitrógeno y de oxígeno. También hay trazas de compuestos metálicos, tales como sodio (Na), hierro (Fe), níquel (Ni), vanadio (V) o plomo (Pb). Asimismo, se pueden encontrar trazas de porfirinas.

Clasificaciones

- Según los grados API, se clasifican en:

$$API = \frac{141,5}{GE \text{ a } 60^\circ\text{F}} - 131,5$$

$$\text{donde } GE = \frac{\rho_{\text{líquido}}}{\rho_{\text{agua}}}$$

Si es:

> 50° API	Condensado
Entre 40° y 50° API	Crudo extraligero
Entre 30° y 39,9° API	Crudo liviano o ligero
Entre 22 ° y 29,9° API	Crudo medio o mediano
Entre 10° y 21,9° API	Crudo pesado
< 9,9° API	Crudo extrapesado

Clasificaciones

■ Tipos de Petróleos y sus características

Petróleos livianos (parafínicos)	Petróleos pesados (alifáticos)
Muy fluidos	Viscosos
Menos pesados que el agua	Espesos
Fáciles de evaporar	Fáciles de solidificar
Incoloros	Dejan como residuos asfalto



Petróleo crudo ligero

- El petróleo ligero es el petróleo crudo con bajo contenido de ceras.
- La definición de petróleo ligero y de petróleo pesado es difícil de encontrar, simplemente su clasificación se basa más en razones de orden práctico que teórico.
- Dado que los crudos con alta viscosidad son más difíciles de transportar y bombear, al parecer el crudo con ligero contenido de ceras, son denominados "crudo ligero" y los que tienen sustancialmente más cera se clasifican como "petróleo pesado".

Petróleo crudo dulce

- El petróleo crudo dulce es un tipo de petróleo que se le llama así, si contiene menos del 0,5% de azufre, en comparación con un mayor nivel de azufre en el petróleo crudo agrio.
- El petróleo crudo dulce contiene pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono.
- Un bajo contenido de azufre en el petróleo crudo es procesado comúnmente para hacer gasolina, y tiene una gran demanda, especialmente en las naciones industrializadas.
- El petróleo crudo dulce es el tipo de petróleo más buscado después de la versión de petróleo crudo convencional ya que contiene una cantidad desproporcionada de fracciones que se utilizan para procesar la gasolina, el queroseno y el gasóleo de alta calidad.
- El término "dulce" se originó por el bajo nivel de azufre que proporciona a el aceite con un suave sabor dulce y agradable olor. En el siglo XIX, los prospectores de sabor y olor probaban en pequeñas cantidades el petróleo para determinar su calidad.

Crudos pesados

- **Crudo pesado o crudo extra pesado** es cualquier tipo de petróleo crudo que no fluye con facilidad.
- Se le denomina "pesado" debido a que su densidad o peso específico es superior a la del petróleo crudo ligero.
- El crudo pesado se ha definido como cualquier licuado de petróleo con un índice API inferior a 20° , lo que significa que su densidad relativa es superior a 0,933. Este resultado del petróleo crudo pesado es una degradación por estar expuesto a las bacterias, el agua o el aire, como consecuencia, la pérdida de sus fracciones más ligeras, dejando atrás sus fracciones más pesadas.
- La producción, transporte y refinado del crudo pesado presenta problemas especiales en comparación a la del crudo ligero.
- La mayor reserva de petróleo pesado en el mundo se encuentra al norte del río Orinoco en Venezuela, la misma cantidad que las reservas convencionales de petróleo de Arabia Saudita, pero se sabe que 30 o más países tienen reservas del mismo tipo.

- El crudo pesado está estrechamente relacionado con las arenas petrolíferas, la principal diferencia es que las arenas petrolíferas en general, no fluyen en absoluto. Canadá cuenta con grandes reservas de arenas petrolíferas, situadas al norte y al noreste de Edmonton, Alberta.
- Las propiedades físicas que distinguen a los crudos pesados de los ligeros incluyen una mayor viscosidad y densidad, así como la composición de peso molecular.
 - El petróleo extra pesado de la región del Orinoco tiene una viscosidad de más de 10.000 centipoise (10 Pa·s) y 10° en el índice API.
 - Por lo general, se añade un diluyente a distancias regulares de un gasoducto de petróleo pesado a fin de facilitar su circulación.
 - Venezuela ha estado está experimentando en la Faja del Orinoco un proyecto de inyección alterna de vapor con el que se mejora la viscosidad del crudo, técnica que ha incrementado la tasa de recuperación hasta el 40 por ciento, que anteriormente era del 20 por ciento.



Condensado de gas natural

- Se trata de un petróleo líquido en superficie pero que en el fondo de pozo y en las condiciones de presión y temperatura a esas profundidades, está en forma de gas.
- A medida que declina la presión de yacimiento, el gas (fluido monofásico) sobrepasa la línea del punto de rocío y se transforma en petróleo líquido con una densidad muy ligera (API por encima de 50°).
- Los petróleos con más de 50° API en general pertenecen al grupo de los condensados, entendiendo como condensado el condensado retrogrado de la fase monofásica del gas.
- Este crudo o condensado llega a tener un color blanquecino, lechoso y a veces se usa en el campo como gasolina cruda.

Gas natural

- El gas natural es una de las varias e importantes fuentes de energía no renovables formada por una mezcla de gases ligeros que se encuentra en yacimientos de petróleo, disuelto o asociado con el petróleo (acumulación de plancton marino) o en depósitos de carbón.
- Aunque su composición varía en función del yacimiento del que se saca, está compuesto principalmente por metano en cantidades que comúnmente pueden superar el 90 ó 95% y suele contener otros gases como nitrógeno, Ácido Sulfhídrico, Helio y mercaptanos. Como ejemplo de contaminantes cabe mencionar el gas no-asociado de Kapuni (NZ) que contiene hasta 49% de CO₂.
- Como fuentes adicionales de este recurso natural, se están investigando los yacimientos de hidratos de metano que, según estimaciones, pueden suponer una reserva energética muy superiores a las actuales de gas natural.
- Puede obtenerse también con procesos de descomposición de restos orgánicos (basuras, vegetales - gas de pantanos) en las plantas de tratamiento de estos restos (depuradoras de aguas residuales urbanas, plantas de procesado de basuras, de desechos orgánicos animales, etc.). El gas obtenido así se llama biogás.

- Algunos de los gases que forman parte del gas natural cuando es extraído se separan de la mezcla porque no tienen capacidad energética (como es el caso del nitrógeno o CO_2) o porque pueden depositarse en las tuberías usadas para su distribución debido a su alto punto de ebullición.
- Si el gas fuese criogénicamente licuado para su almacenamiento, el dióxido de carbono (CO_2) solidificaría interfiriendo con el proceso criogénico. El CO_2 puede ser determinado por los procedimientos ASTM D 1137 o ASTM D 1945.
- El propano, butano e hidrocarburos más pesados en comparación con el gas natural son extraídos, puesto que su presencia puede causar accidentes durante la combustión del gas natural.
- El vapor de agua también se elimina por estos motivos y porque a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente y presiones altas forma hidratos de metano que pueden obstruir los gasoductos.
- Los compuestos de azufre son eliminados hasta niveles muy bajos para evitar corrosión y olores perniciosos, así como para reducir las emisiones de compuestos causantes de lluvia ácida. La detección y la medición de H_2S se puede realizar con los métodos ASTM D2385 o ASTM D 2725.
- Para uso doméstico, al igual que al butano, se le añaden trazas de compuestos de la familia de los mercaptano entre ellos el metil-mercaptano, para que sea fácil detectar una fuga de gas y evitar su ignición espontánea.



- El gas natural produce mucho menos CO_2 que otros combustibles como los derivados del petróleo, y sobre todo el carbón. Además es un combustible que se quema más limpia y eficazmente.
- La razón por la cual produce poco CO_2 es que el principal componente, metano, contiene cuatro átomos de hidrógeno y uno de carbono, produciendo 2 moléculas de agua por cada una de CO_2 , mientras que los hidrocarburos de cadena larga (líquidos) producen sólo una molécula de agua por cada 1 de CO_2 .

Gas licuado del petróleo - GLP

- El gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano.
- El propano y butano están presentes en el petróleo crudo y el gas natural, aunque una parte se obtiene durante el refinado de petróleo, sobre todo como subproducto de la destilación fraccionada catalítica (FCC, por sus siglas en inglés Fluid Catalytic Cracking).
 - **GLP en refinerías:**
 - Se inicia cuando el petróleo crudo procedente de los pozos petroleros llega a una refinación primaria, donde se obtienen diferentes destilados, entre los cuales se tienen gas húmedo, naftas o gasolinas, queroseno, gasóleos atmosféricos o diésel y gasóleos de vacío.

- Estos últimos (gasóleos) de vacío son la materia prima para la producción de gasolinas en los procesos de craqueo catalítico. El proceso se inicia cuando estos se llevan a una planta FCC y, mediante un reactor primario a base de un catalizador a alta temperatura, se obtiene el GLP, gasolinas y otros productos más pesados. Esa mezcla luego se separa en trenes de destilación.
- **GLP de gas natural.**
 - El gas natural de propano y butano que pueden ser extraídos por procesos consistentes en la reducción de la temperatura del gas hasta que estos componentes y otros más pesados se condensan.
 - Los procesos usan refrigeración o turboexpansores para lograr temperaturas menores de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ necesarias para recuperar el propano. Por tanto estos líquidos son sometidos a un proceso de purificación usando trenes de destilación para producir propano y butano líquido o directamente GLP.
- El GLP se caracteriza por tener un poder calorífico alto y una densidad mayor que la del aire.

Betunes

- El betún o bitumen es una mezcla de líquidos orgánicos altamente viscosa, negra, pegajosa, completamente soluble en disulfuro de carbono y compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- El betún es la fracción residual (el fondo) resultante de la destilación fraccionada del petróleo. Es la fracción más pesada y la que tiene el punto de ebullición más elevado.
- No debe ser confundido con el asfalto (al que a veces se llama 'betún de Judea' o 'judaico', pero que es una mezcla de minerales y betún) ni con el alquitrán (que se obtiene de la destilación destructiva del carbón y es químicamente diferente).
- La mayoría de los betunes contienen azufre y varios metales pesados como níquel, vanadio, plomo, cromo, mercurio y también arsénico, selenio y otros elementos tóxicos.
- Los betunes pueden lograr una buena conservación de plantas y animales, que forman fósiles en las rocas.

Arenas bituminosas

- Las arenas de alquitrán, conocidas también como arenas bituminosas, arenas de petróleo, arenas petrolíferas, arenas aceiteras y en Venezuela como petróleo crudo extra pesado, son una combinación de arcilla, arena, agua, y bitumen.
- De las arenas de alquitrán se extrae un bitumen similar al petróleo el cual es convertido en un petróleo crudo sintético o refinado directamente por refinerías especializadas para obtener productos del petróleo.
- El petróleo convencional es extraído por medio de pozos mientras que los depósitos de arenas bituminosas son extraídos usando técnicas de minería a cielo abierto, o se les hace fluir hacia pozos por medio de técnicas in situ que reducen la viscosidad del bitumen por medio de vapor y/o solventes.
- El bitumen contiene en promedio 83,2% de carbón, 10,4% de hidrógeno, 0,94% de oxígeno, 0,36% de nitrógeno y 4,8% de azufre.

Hidratos de gas natural

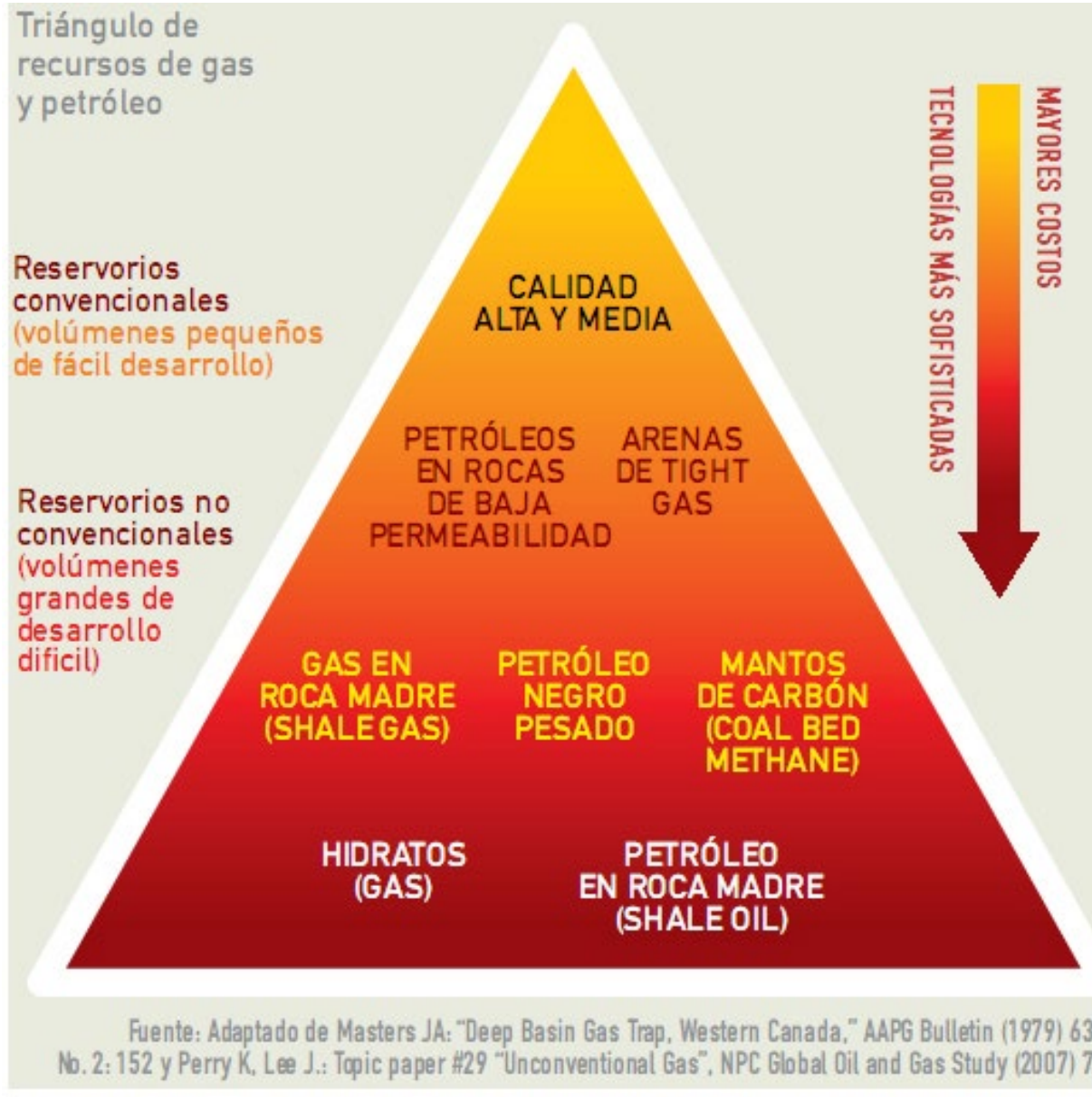
- Los hidratos de metano son moléculas de metano en estructuras de moléculas de agua, que bajo condiciones de presión y temperatura que existen en el talud continental y en las regiones polares (permafrost) se convierten en sustancias sólidas cristalinas (hielos de metano). Se encuentran principalmente en los poros de los sedimentos arenosos cementados.
- En el medio marino se explica su formación de una forma un tanto compleja. El metano que resulta de la descomposición de los organismos vivos en el agua reacciona con el agua a punto de congelarse formando hidratos que después se depositarán en los fondos marinos. La reacción se produce en condiciones de presión y temperatura particulares.
- El hidrato de metano es particularmente inestable.
- Un metro cúbico de hidrato de metano contiene aproximadamente 164 metros cúbicos de gas metano con tan solo 0,84 metros cúbicos de agua. Este "hielo" es inflamable: si se acerca una llama, libera gas metano que arderá.



- Los hidratos de metano constituyen una fuente energética alternativa de gran proyección mundial, con una estimación de reservas que prácticamente duplican las reservas de hidrocarburos convencionales actualmente reconocidas para los recursos energéticos fósiles.
- Los desarrollos tecnológicos van encaminados a permitir su extracción y utilización futura como combustible, de manera similar al petróleo o el gas natural.
- Durante su extracción es muy difícil que no se libere metano a la atmósfera, que además de ser combustible, es también un gas de efecto invernadero con un poder diez veces superior al del dióxido de carbono. Esta es una de las razones que han limitado su explotación.

Hidrocarburos no convencionales

- Se refiere éste apartado a las importantes cantidades de hidrocarburos (gas natural y petróleo) que se han ido acumulando en ambientes geológicos que difieren de las trampas de hidrocarburos convencionales (que son aquellos donde se parte de una roca madre, un proceso de migración y una roca almacén generalmente confinada en una trampa y con un mecanismo hidrodinámico).
- Por el contrario los yacimientos no convencionales presentan otro tipo de características y pueden ser clasificados en las categorías siguientes:
 - **“Shale Gas”**, llamado también gas de pizarra, por encontrarse acumulado en el espacio poroso de las lutitas o pizarras así como en la redes de fracturas y diaclasas.
 - **“Shale Oil”**, se trata del petróleo con el mismo tipo de acumulación del shale gas.
 - **“Coal Bed Methane”**, gas asociado a las capas de carbón y que se presenta en forma adsorbida sobre las macropartículas carbonosas y en forma de gas libre en el espacio poral y en las micro fracturas del carbón.
 - **“Tight Gas”**, gas almacenado en rocas sedimentarias, clásticas o carbonatadas de muy baja permeabilidad.
 - **“Gas de Hidratos”**. Aunque ya visto anteriormente, se incluye en esta categoría el gas metano que forma compuestos cristalinos con el agua, generalmente en condiciones de baja presión y temperatura.

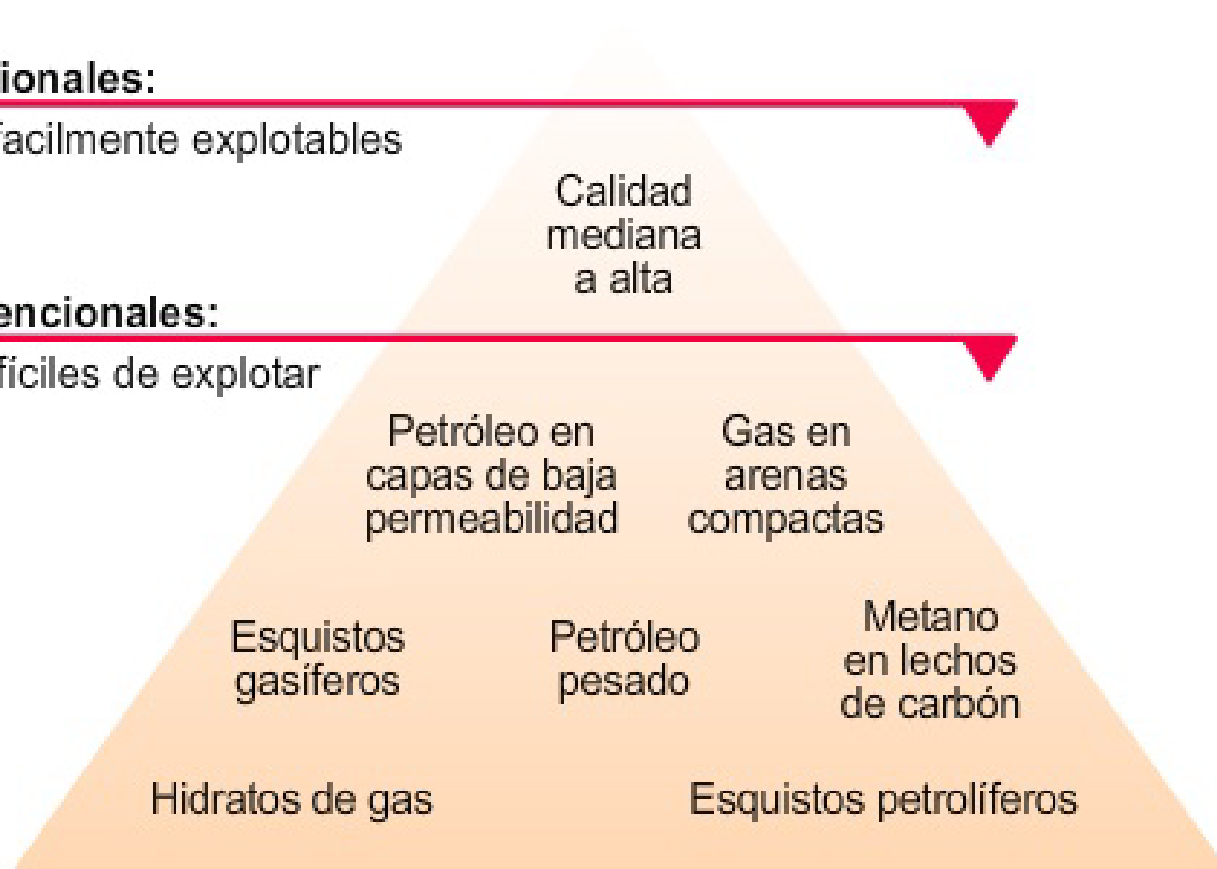


Reservorios convencionales:

Pequeños volúmenes fácilmente explotables

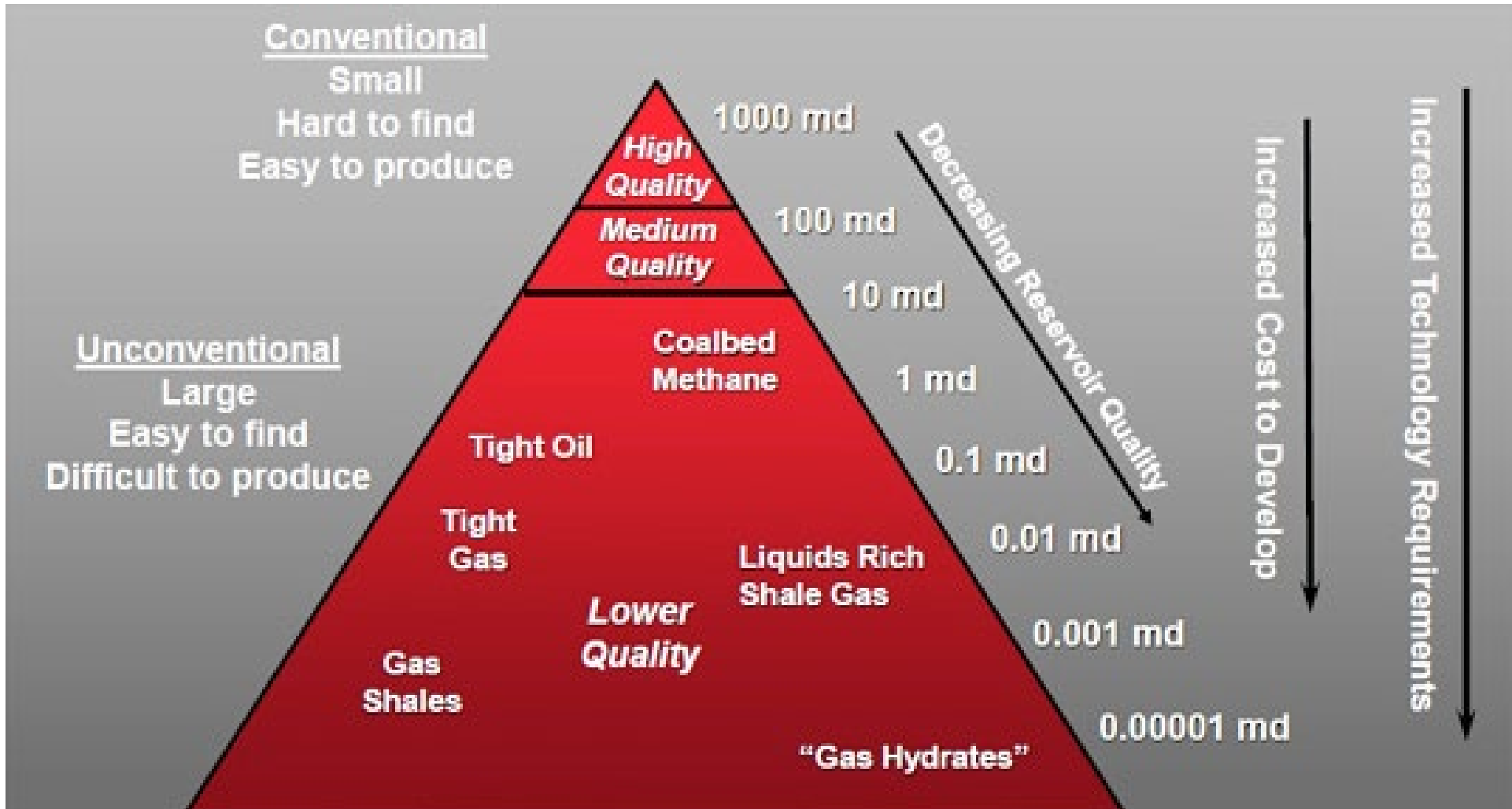
Reservorios no convencionales:

Grandes volúmenes difíciles de explotar



Costes en aumento

Necesidad de mejor tecnología





- De los cinco tipos de yacimientos no convencionales mencionados, ninguno de los recursos de los yacimientos mencionado en quinto lugar como “Gas de Hidratos” ha pasado todavía a la categoría de reservas por no disponerse de la tecnología necesaria para su explotación comercial.
- Por el contrario, los otros cuatro tipos de yacimientos sí están pasando a las categorías de reservas, cobrando una especial relevancia el que se refiere al “Shale Gas”.

Dudas y preguntas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGIA
LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS MINERAS

TECHNICAL UNIVERSITY OF MADRID
HIGHER TECHNICAL SCHOOL OF MINING AND ENERGY ENGINEERING
MINING TECHNOLOGIES LABORATORY