

ROCAS RICAS EN MATERIA ORGÁNICA – SEDIMENTITAS ORGANÓGENAS

CARBONES, LUTITAS PETROLÍFERAS Y PETRÓLEO

Dr. Luis A. Spalletti

Cátedra de Sedimentología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
Universidad Nacional de La Plata. 2006-2009.

Las rocas sedimentarias poseen escasa cantidad de materia orgánica (en promedio 1,5 %). En las pelitas el tenor medio es de 2,1 %, en los carbonatos de 0,29 % y en las areniscas de sólo el 0,05 %.

Algunas rocas contienen cantidades mayores de materia orgánica. Tal el caso de las lutitas negras o las fangolitas bituminosas en las que oscila entre 3 y 10 %. En las lutitas petrolíferas (*oil shales*) la materia orgánica puede superar el 25 %, mientras que en los carbones es mayor al 70 %.

Las rocas ricas en materia orgánica son muy escasas, pues constituyen menos del 1 % del volumen total de sedimentos y sedimentitas.

No obstante, son de gran importancia como proveedoras de combustibles.

TIPOS DE MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica se compone de C con cantidades menores de H, O, N y S.

En los sedimentos se reconocen tres tipos de acumulaciones de materia orgánica: humus, turba (*peat*) y sapropel. La materia orgánica húmica es el principal constituyente del carbón, mientras que la materia orgánica que se encuentra en las lutitas negras y bituminosas es sapropélica.

El **humus**, constituyente de suelos, es materia orgánica de plantas. Suele ser rápidamente oxidado por lo que su potencial de preservación geológica es bajo.

La **turba** es también materia orgánica húmica que se acumula en pantanos y ciénagas de agua dulce o salobre con escasa circulación y condiciones anóxicas. Este material húmico tiene buen potencial de preservación geológica.

El **sapropel** es materia orgánica muy finamente dividida. Consiste en fitoplancton, zooplancton, esporas, polen y fragmentos muy macerados de plantas superiores. Se acumula en ambientes subácueos como lagos, albuferas y cuencas marinas donde los niveles de oxígeno son bajos.

CAMBIOS EN LA MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica original sufre transformaciones diagenéticas complejas por degradación química y bioquímica. Como resultado se forma **kerógeno** y **bitumen**.

El **kerógeno** es una sustancia insoluble precursora del petróleo, ya que constituye el 80 % al 90 % de la materia orgánica de las rocas pelíticas y carbonáticas organógenas. Parte de la materia orgánica que se encuentra en los sedimentos es una sustancia soluble en solventes orgánicos a la que se denomina **bitumen**.

El **kerógeno** es detrito orgánico macerado que se compone de restos de algas, esporas, polen, resinas y ceras.

Se reconocen los siguientes tipos de kerógeno:

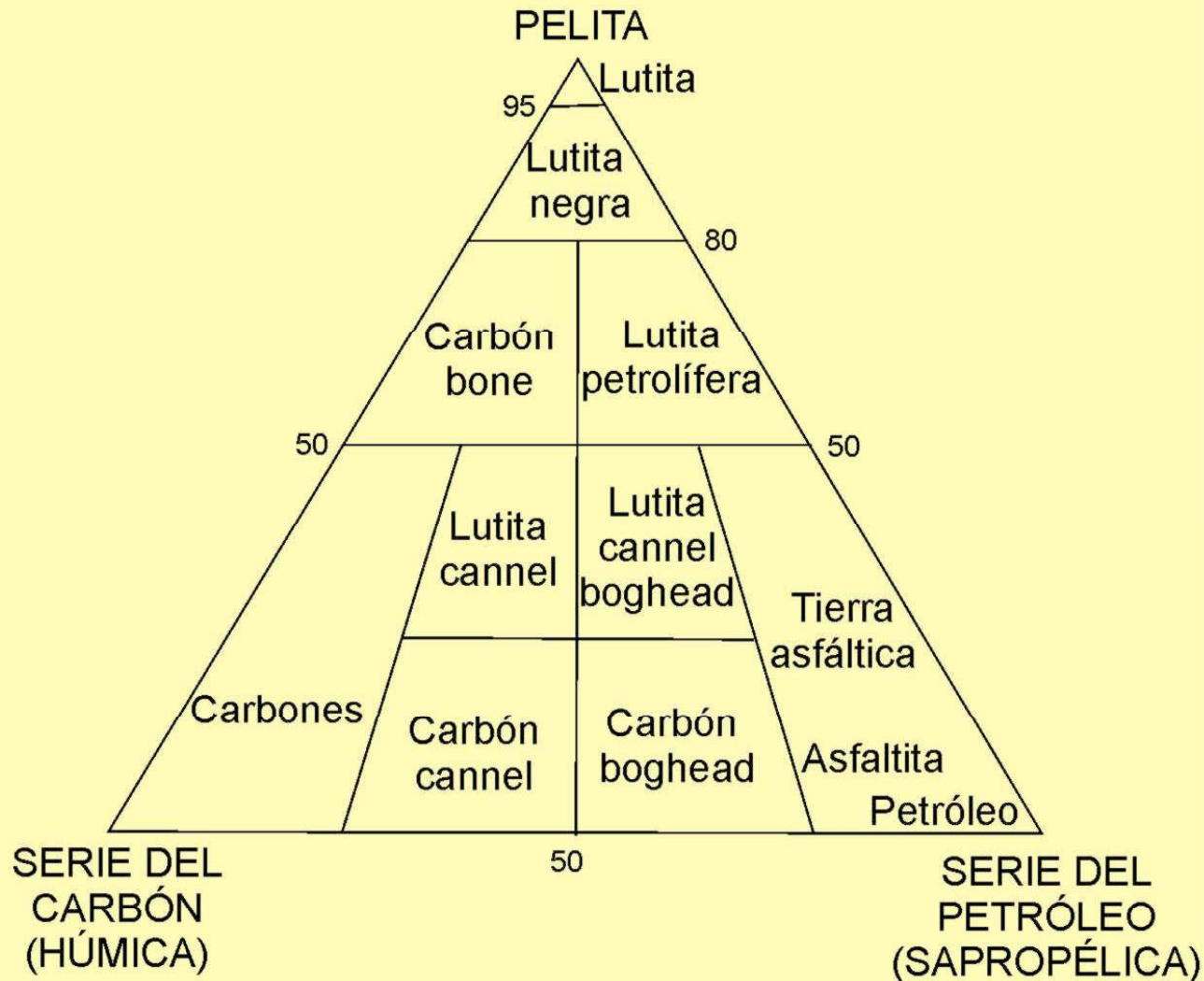
Tipo I: alto valor de H/C y bajo de O/C, provisto por algas y común en lutitas petrolíferas.

Tipo II: alto valor de H/C y bajo de O/C, provisto por fitoplancton, zooplancton y bacterias en ambiente marino. Puede pasar a hidrocarburos por soterramiento.

Tipo III: bajo valor de H/C y alto de O/C, provisto por restos muy macerados de plantas terrestres. Puede generar gas.

Tipo de kerógeno	C % en peso	H % en peso	O % en peso	N % en peso	S % en peso
Tipo I	78,8	8,8	7,7	2,0	2,7
Tipo II	77,8	6,8	10,5	2,2	2,7
Tipo III	82,5	4,6	10,5	2,1	0,2

CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS ORGANÓGENAS



Pettijohn (1964)

CARBONES

Están constituidos por materia orgánica combustible mezclada con distintas proporciones de materiales silicoclásticos a los que se denomina “cenizas” o impurezas.

El carbón tiene más del 50 % en peso de material carbonoso.

La mayor parte de los carbones son húmicos, aunque se conocen unas pocas variedades sapropélicas (con restos de esporas, algas y materia orgánica finamente diseminada de plantas superiores).

Su origen se debe a la diagénesis de la turba.

Los carbones se identifican en sucesiones sedimentarias del Precámbrico al Terciario, pero por lógica son más comunes desde que se produjo la aparición de las plantas vasculares. Los depósitos más importantes se registran en unidades del Carbonífero, Cretácico y Terciario.

TIPOS DE CARBONES

La clasificación más común del carbón es por el rango. Se basa en el tenor de materiales volátiles y en el valor calorífico.

El rango del carbón depende del grado de carbonización (incremento del carbono orgánico) que aumenta con el soterramiento.

Entre los carbones se reconocen variedades **húmicas** y **sapropélicas**.

Los carbones **húmicos** son los más importantes y constituyen una serie constituida por **turba**, **lignito**, **carbón semibituminoso**, **carbón bituminoso** y **antracita**.

Los carbones **sapropélicos** son masivos, finos y con fractura concoide. Se reconocen dos variedades:

Cannel: constituido por restos de plantas y esporas.

Boghead: constituido por restos de algas (*Botriococcus*).

TIPOS DE CARBONES

Turba: en realidad no es un carbón, ya que constituye una acumulación de restos de plantas que se encuentran inconsolidados y semicarbonizados, con alto tenor de humedad.

Lignito: carbón castaño, con elevado contenido de humedad y que retiene parte de la estructura de los restos vegetales. Es común en sucesiones del Cretácico y Terciario.

Carbón semibituminoso: con caracteres intermedios entre los lignitos y los bituminosos.

Carbón bituminoso: carbón duro, negro, con menor cantidad de volátiles y de humedad que los lignitos. Por lo común muestran estructura laminar o bandeada con capas brillantes y opacas alternantes. Es frecuente en el Carbonífero.

Antracita: el carbón con mayor grado de diagénesis. Es duro, negro, brillante y se rompe por fractura concoide. Posee más del 90 % de carbono. Es común en sucesiones carboníferas.

Tipo de carbón	C % en peso	H % en peso	O % en peso	N % en peso	S % en peso	VOLÁTILES %	VALOR CALORÍFICO KG⁻¹
Lignito	68,6	5,1	21,2	2,6	2,5	50	15-26
Bituminoso	88,3	5,2	3,9	2,0	0,8	35	31-35
Antracita	91,3	3,2	3,2	1,8	0,5	10	30-33

Boggs (1992)

PETROGRAFÍA DEL CARBÓN

Los carbones están constituidos por **macerales** (equivalentes de los minerales en los otros tipos de rocas) y su estudio se efectúa por microscopía con luz reflejada.

Hay tres grupos de macerales: **vitritina**, **intertinita** y **liptinita**.

Los macerales del grupo de la **vitritina** poseen mediana reflectividad, tonalidad grisácea y bajo relieve. Son los componentes húmicos de los carbones brillantes y están formados por restos de material leñoso y corteza.

Los de la **intertinita** son blanquecinos, muy reflectantes y de relieve positivo. Los componen tejidos leñosos de plantas superiores, restos de hongos y materia orgánica fina con alto contenido en carbono.

Los de la **liptinita** son grises oscuros, con baja reflectividad y alto relieve. Están constituidos por restos de esporas, cutícula, resinas y algas.

Principales macerales

Grupo	Macerales	Origen
Vitrinita	Colinita Telinita	Restos de troncos
Intertinita	Fusinita Semifusinita Esclerotinita Micrinita	Tejidos de troncos Hongos Resinas
Liptinita	Esporitina Cutinita Resinita Alginita	Esporas Cutículas Resinas Algas

LITOLOGÍA DEL CARBÓN

Sobre la base de los macerales predominantes, se definen distintos tipos litológicos de carbones. Los mismos se muestran en la siguiente tabla:

Litología del carbón	
Macerales	Litotipo
Vitrinita	Vitrita
Intertinitas, en especial fusinita	Fusita
Liptinitas e intertinitas	Durita
Vitrinitas y liptinitas	Clarita

FORMACIÓN DE LOS CARBONES

Se alude a dos aspectos climáticos que pueden ser contrastantes.

1) Clima favorable para el desarrollo de vegetación, condiciones cálidas y húmedas son las ideales.

2) Ambientes apropiados para la conservación de la materia orgánica. Nótese que condiciones cálidas y húmedas pueden favorecer la descomposición.

Lo importante es que la acumulación de restos de plantas supere a la descomposición.

Los carbones aparecen en condición de **clima húmedo pero desde cálido a frío**. Se asocian con **depósitos silicoclásticos**, pero se concentran en períodos en los que **se reduce su contribución**.

Los ambientes más importantes son **parálícos o marinos marginales** (albuferas, pantanos litorales, planicies interdeltaicas) y **continentales límnicos** (lacustres, lacustres marginales o fluvio-lacustres).

EJEMPLO DE CARBONES. RÍO TURBIO, SANTA CRUZ



EJEMPLO DE CARBONES. RÍO TURBIO, SANTA CRUZ

Yacimiento de carbón lignitífero ubicado en el sudoeste de Santa Cruz. Conforman un bloque homoclinal de rumbo N-S. Se extiende por 47 km de longitud y tiene entre 2 y 7 km de amplitud.

Posee el 99 % de las reservas de carbón de la Argentina.

Los niveles de carbón lignitífero se encuentran en la Formación Río Turbio (Eoceno medio a superior), con un espesor de 634 m y depósitos continentales y marinos costaneros.

El carbón aparece en dos complejos principales:
inferior, a unos 160 m de la base de la unidad y con dos mantos de aproximadamente 4 m cada uno, y
superior, 240 m por encima del anterior y constituido por ocho niveles, de los cuales dos son explotables.

Los tipos litológicos del carbón son **clarita**, **vitrita** y **fusita** en orden decreciente de abundancia, constituidos esencialmente por **vitritina**, **fusinita**, **esclerotinita** y **micronita**.

Poder calórico: 5.800 – 6000 Kcal. /Kg. Porcentaje usual de cenizas: 13 %.

Carrizo (2002)

LUTITAS PETROLÍFERAS (*OIL SHALES*)

Son rocas de grano fino con **abundante materia orgánica** (hasta un 25 %). Estas sedimentitas pueden ser silicoclásticas (lutitas, fangolitas), carbonáticas (micritas) o de mezcla (margas).

La materia orgánica está constituida esencialmente por **kerógeno** (80 %) acompañado por bitumen (20 %).

El kerógeno es esencialmente del **tipo I**, aportado por material lípido de **algas** (liptinítico).

En las lutitas petrolíferas el material orgánico puede ser extraído por calentamiento a unos 350° C (destilación).

GÉNESIS DE LAS LUTITAS PETROLÍFERAS

Las lutitas petrolíferas se producen en condiciones ambientales muy específicas. Se acumulan en sistemas lacustres, de albuferas, pantanos y también de mares someros.

La condición esencial para su generación es que se exista muy elevada productividad orgánica, relacionada con **florecimientos algales** (*algal blooms*). Se encuentran favorecidas por ausencia o muy pobre circulación y **estratificación de las aguas por densidad**, con desarrollo de ambientes anóxicos en el fondo y oxigenados en la superficie.

Es muy frecuente el desarrollo de ciclos bandeados, con alternancias de capas ricas en material silicoclástico (o carbonático) y capas con alto tenor orgánico. Estos ritmos resultan de variaciones sistemáticas en el aporte de clásticos (o generación de componentes carbonáticos) y en la productividad por florecimiento algal, lo que se relaciona con cambios climáticos recurrentes y globales controlados por factores orbitales (ciclos de Milankovitch).

HIDROCARBUROS (PETRÓLEO Y GAS)

El hidrocarburo es el resultado de la transformación por soterramiento (aumento de presión y temperatura) de cierto tipo de materia orgánica que está alojada en los sedimentos.

Los hidrocarburos son compuestos constituidos esencialmente por carbono (aproximadamente 85 % en peso) e hidrógeno (13 % en peso).

En su mayor parte, los hidrocarburos se encuentran en sedimentitas del Mesozoico y Terciario. Se forman en un sedimento de grano fino (roca madre) pero son extraídos de otros (típicamente areniscas y carbonatos) a los que migran (rocas reservorio) y quedan entrampados.

La materia orgánica que constituye los hidrocarburos se deposita en sedimentos de textura fina de origen marino o lacustres bajo condiciones anóxicas, favorecida por zonas de oxígeno mínimo y alta productividad de material planctónico.

Estas condiciones se dan favorablemente durante procesos transgresivos o de nivel (marino o lacustre) alto.

DIAGÉNESIS E HIDROCARBUROS

La primera etapa de diagénesis de la materia orgánica es la formación de metano por fermentación bacteriana.

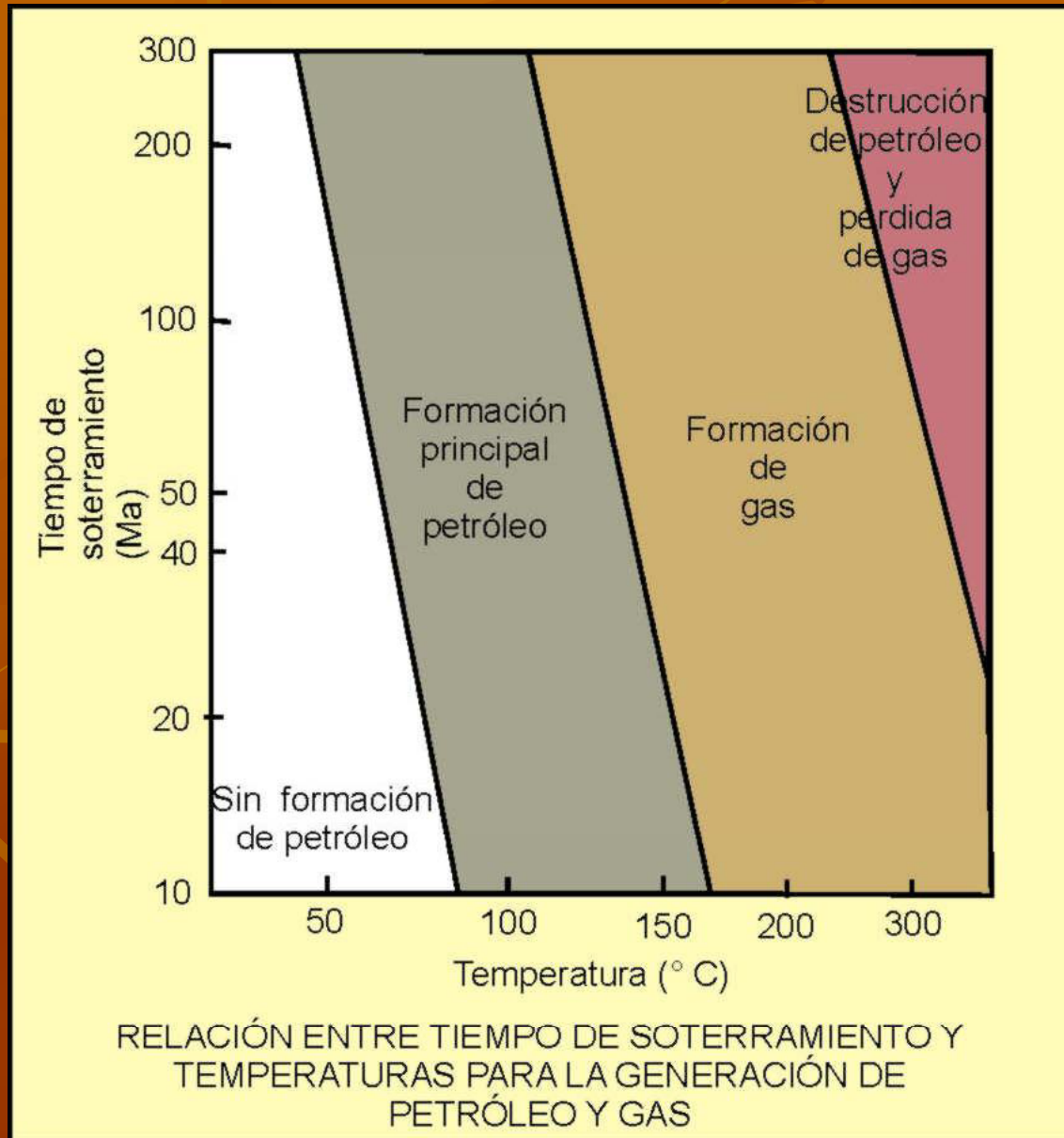
Durante el soterramiento se produce la transformación a **kerógeno**, cuyo tipo depende de la materia orgánica que constituya parte del sedimento. Los kerógenos de tipo I y II son los más apropiados para la generación de petróleo.

A temperaturas entre 50° C y 80° C se producen reacciones catalíticas en el kerógeno y se forman **cicloalcanos** y **alcanos** que son los constituyentes esenciales del petróleo crudo. En esta etapa, la roca madre está **madura**.

Con incrementos constantes en temperatura, aumenta la producción de petróleo. La condición más favorable se da entre 70° C y 100° C y se denomina **ventana de petróleo**. Con gradiente geotérmico medio, la profundidad de la ventana de petróleo se encuentra entre 2 km y 3,5 km.

Con el aumento de la temperatura se inicia la producción de **gas** y decrece la de petróleo. El gas es húmedo en una primera etapa, pero a más de 150° C se genera gas seco.

DIAGÉNESIS E HIDROCARBUROS



Tucker (2003)

INDICADORES DE MADUREZ DE LA ROCA MADRE

Se emplean los denominados **biomarcadores**. Entre ellos se encuentran:

a) Color de polen y esporas (palinomorfos), que con el aumento de temperatura pasan de tonalidades amarillas a castañas y finalmente a negras.

b) Reflectancia de la vitrinita. Este maceral aumenta su reflectividad con la temperatura (aumento del tamaño de las estructuras aromáticas en anillos)

c) Color de alteración de conodontos (CAI) en una escala similar a la de polen y esporas.

Reflectancia de vitrinita	Color de esporas	Generación de hidrocarburos		
0,5	Amarillo naranja	----	----	----
1,0	Castaño	ventana de	gas	----
1,5		petróleo	húmedo	gas
2,0	Negro	----	----	seco
5,0				----

Tucker
(2003)

INDICADORES DE MADUREZ DE LA ROCA MADRE

