

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Apuntes de Geología del Petróleo

Unidad 1 - Introducción a la Geología del petróleo. ¿Qué hace falta para que exista un yacimiento?. Breve reseña sobre la composición del crudo y del gas natural. Hidrocarburos líquidos y gaseosos, Gravedad ρ API, Viscosidad. Otros parámetros de interés.

Bibliografía: *Geología de los Yacimientos de Petróleo y de Gas Natural. Gabrieliantz, G.A.*
Geología del Petróleo Levorsen, A. I.
Geología del Petróleo Guillemot

¿Que hace falta para que exista un Yacimiento?: Percepción o modelo inicial que combina un cierto número de factores geológicos con objeto de predecir la existencia de acumulaciones de hidrocarburos en un determinado nivel estratigráfico de la cuenca.

Para construir el modelo necesitamos conocer y evaluar la existencia de rocas madre (*source rock*), almacenes o roca reservorio (*reservoirs*), sellos (*topseal o caprock*), roca de cobertura, trampas (*trap*), y migración (*migration*).

Los aspectos implicados en el **play** son los siguientes:

1) Sistema de carga que comprende los siguientes elementos:

Roca madre: Generación (rocas madre térmicamente madura; Expulsión de los fluidos (**migración primaria**) **Migración secundaria:** *Carrier beds* (capas de transporte); Trayectorias de migración

2) Formaciones con Rocas Reservorio o Almacén capaces de almacenar el petróleo y permitir su extracción comercial. Los factores más importantes en la evaluación del Reservorio son:: Porosidad; Permeabilidad; Geometría del almacén

3) Sello regional (*topseal*) o roca cobertura (*caprock*) en la unidad del reservorio y en el nivel estratigráfico adecuado.

4) Trampas (*traps*) donde se concentre el petróleo permitiendo su extracción comercial

5) Relaciones temporal adecuada entre los factores anteriores.

De esta forma el "**play**" que puede definirse como un conjunto de prospecciones no perforadas y de yacimientos conocidos de petróleo, que en principio, se creen comparten un almacén común, un sello regional y un sistema de carga de petróleo.

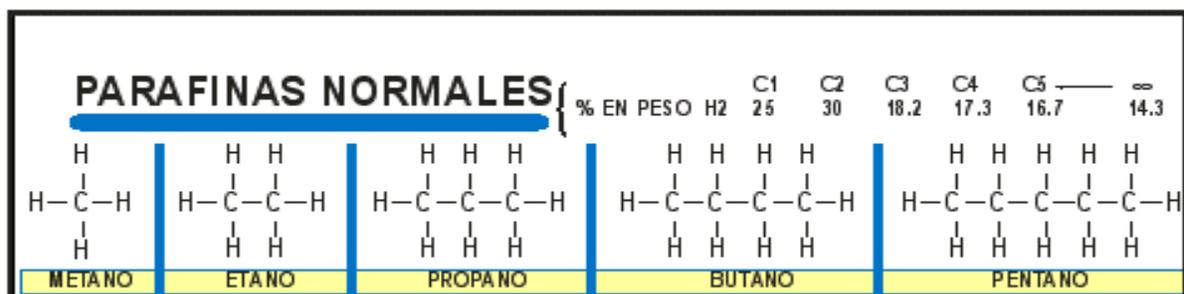
Composición del crudo: El petróleo está formado principalmente por **hidrocarburos**, que son compuestos de **hidrógeno** y **carbono**, en su mayoría **parafinas**, **naftenos** y **aromáticos**.

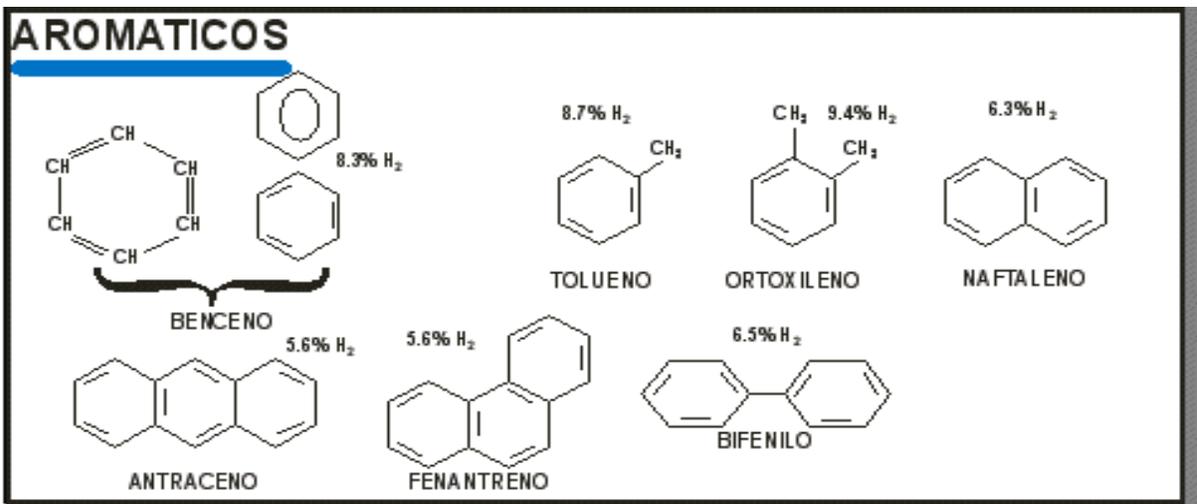
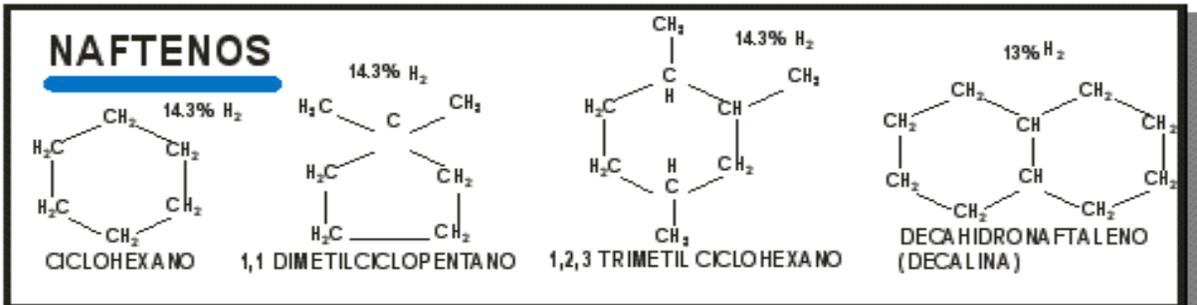
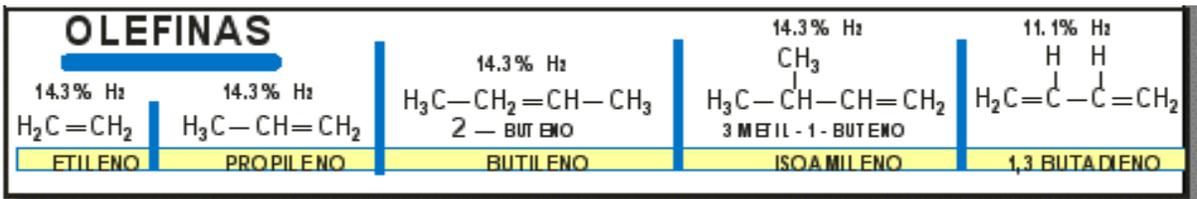
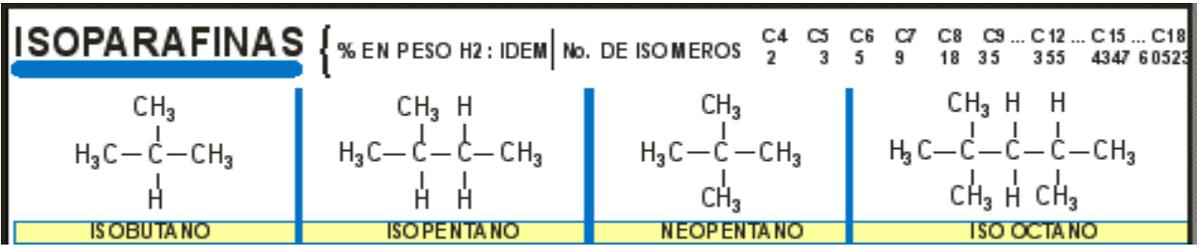
Junto con cantidades variables de derivados saturados homólogos del **metano** (CH₄). Su fórmula general es C_nH_{2n+2}.

- **Cicloalcanos** o cicloparafinas-naftenos: hidrocarburos cíclicos **saturados**, derivados del **ciclopropano** (C₃H₆) y del **ciclohexano** (C₆H₁₂). 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** (C₆H₆) y sus homólogos. Su fórmula general es C_nH_n.
- **Alquenos** u **olefinas**: moléculas lineales o ramificadas que contienen un enlace doble de carbono (-C=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 C_nH_{2n-2}.
- **Alquinos**: moléculas lineales o ramificadas que contienen un enlace triple de carbono. Su fórmula general es: C_nH_{2n-2}. Tienen terminación "-ino".

Además de hidrocarburos, el petróleo contiene otros compuestos 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**.

El crudo con un alto contenido en parafinas, el más corriente de los refinados y el más preciado de todos los crudos, constituye una pequeña fracción de la producción mundial (2%). Son muy fluidos y de color claro. Proporcionan una mayor cantidad de nafta (usada para obtener solventes de pintura, productos de lavado al seco o gasolinas) y lubricantes que los otros tipos de petróleo en el proceso de refinación. Los crudos dominados por los compuestos **nafténicos** y los hidrocarburos aromáticos, son denominados crudos de base asfáltica, ya que los asfaltos se encuentran muy próximos a los **nafténicos** (un 15 % de la producción). Son petróleos muy viscosos y de coloración oscura. Generan una gran cantidad de residuos tras el proceso de refinación. La gran mayoría de los crudos corresponden a una mezcla de nafténicos y parafinas, y se los conoce como **mixtos**.





Composición del Gas natural: El gas compuesto casi en su totalidad por metano es denominado gas seco (dry gas). Si la proporción de etano (C₂H₆) y de otras moléculas mas pesadas excede un valor arbitrario (normalmente el 4-5%), el gas es denominado húmedo (wet gas). Los gases naturales pueden tener tres orígenes diferentes: 1) Gas del Petróleo, formado como un bioproducto de la generación de petróleo, gas asociado. El gas generado por modificación termocatalítica del petróleo recibe en nombre de gas no-

asociado. 2) Gas carbonoso: formado bien por modificación termocatalítica o por otro tipo de modificación a partir del carbón. 3) Gas bacteriano: formado por alteración de la materia orgánica a baja temperatura, en o cerca de la superficie de la tierra, sin conexión directa con el crudo (gas de los pantanos).

Hidrocarburos gaseosos: Los gases naturales líquidos (NGL) son aquellos económicamente recuperables como: Gases condensados; corresponden a sustancias líquidas en STP (pentano y moléculas mayores). Gases de licuefacción del petróleo; principalmente propanos y butanos que son gaseosos en STP pero pueden ser licuefactados y extraídos como gases del petróleo por su propio valor. El gas natural licuefactado correspondería al metano en condiciones de -160°C y presión atmosférica (esto es importante para su transporte).

Hidrocarburos líquidos:

Isótopo δC_{13} : El valor del isótopo C_{13} en el petróleo y en los extractos de roca madre se emplea para distinguir la procedencia de ambientes marinos (valores entre -35 y -27‰) y de aguas dulces-continentales (valores entre -30 y -33), así como para diferencia entre los gases biogénicos y termogénicos (valores entre -50 y -30‰).

Gravedad $^{\circ}\text{API}$: La densidad del petróleo se expresa normalmente en gravedad API donde Un fluido con una gravedad específica de $1,0\text{ g cm}^{-3}$ (agua dulce, el agua salada $1,3\text{ g cm}^{-3}$) tiene una gravedad API de 10° . En función de su grado API podemos hablar de: 1) Petróleos pesados son aquellos con gravedades API de menos de 20° (es decir con una gravedad específica $> 0,93$). Este tipo de petróleos es el de menor valor comercial y de mas difícil extracción. 2) Petróleos normales, con un valor de gravedad API entre 20 y 40° (gravedad específica entre $0,83$ y $0,93$). 3) Petróleos ligeros, son los que presentan una gravedad API superior a 40° (es decir una gravedad específica $< 0,83$). La media mundial está en 33°API .

A una mayor gravedad API el petróleo será más liviano.

Petróleo de referencia

En el mundo existen alrededor de 161 zonas petroleras, cada una de ellas produciendo petróleo de diferentes características. No obstante, es común determinar el precio de mercado de la producción de una zona en comparación con aquel petróleo referencial que se encuentra próximo geográficamente.

Así, por ejemplo, el petróleo de Dubai es usado como referencia en el Oriente Medio, el Minas y el Tapis (de Malasia e Indonesia respectivamente) son usados como referencia en el Lejano Oriente, y así sucesivamente.

Pero sin duda los dos petróleos referenciales más conocidos y de uso difundido en el mundo son el West Texas Intermediate (o mayormente conocido como WTI) y el Brent

Blend (o Brent), el primero de ellos producido en Norteamérica y el otro en el Mar del Norte.

Cuáles son sus características

- **El West Texas Intermediate (WTI)**, es un promedio en cuanto a calidad se refiere del petróleo producido en los campos occidentales de Texas (EE.UU.). Es un petróleo ligero (39.6º de gravedad API) y dulce (0.24% de contenido sulfurado). Su alta calidad lo hace ideal para la producción de gasolinas y es usado como valor de referencia sobre todo en el mercado norteamericano (por ejemplo en los mercados de New York).

- **El Brent Blend** (o Brent), es una combinación de crudos de 19 diferentes campos de explotación petrolera localizados en el Mar del Norte, cuyas producciones se envían hacia la terminal de Sullom Voe (Escocia) para su posterior comercialización. Su gravedad API es de 38.3º y contiene alrededor de 0.37% de contenido sulfurado, lo cual hace de él un petróleo ligero y dulce, pero en menor escala que el WTI, siendo ideal para la producción de gasolinas y destilados intermedios. Es usado como precio de referencia en los mercados de Europa (por ejemplo, en el Internacional Petroleum Exchange – IPE – de Londres), en África y Oriente Medio.

No obstante, podríamos considerar también la Bolsa de Crudos de la OPEP, cuya bolsa de 11 crudos producidos por sus países miembros es un valor referencial para el precio en el Oriente Medio, así como para los mercados internacionales.

Finalmente es importante recalcar que no todos los petróleos tienen el mismo precio en el mercado mundial, como hemos visto, las características propias del producto determinan su calidad y de allí su precio.

Tipos de petróleo en la Argentina

En la Argentina predominan las siguientes clases de petróleo conforme al tipo de hidrocarburos que predominan:

- **Petróleo a base asfáltica**

Estos son negros, viscosos y de elevada densidad (0.95 g/ml). En la destilación primaria producen poca nafta y abundante fuel-oil, quedando asfalto como residuo.

Petróleos asfálticos se extraen del flanco sur del golfo de San Jorge (Chubut y Santa Cruz). Estos petróleos son ricos en compuestos cíclicos como el ciclopentano y el ciclo hexano y en hidrocarburos aromáticos como el benceno y sus derivados.

- **Petróleo a base parafínica**

De color claro, fluidos y de baja densidad (0.75-0.85 g/ml). Rinden más nafta que los

asfálticos. Cuando se refina sus aceites lubricantes se separa la parafina

En la Cuencas Cuyana (Mendoza) y Noroeste (Salta) poseen yacimientos de petróleos parafínicos. En suma, de estos petróleos se pueden extraer grandes cantidades de naftas, querosene y aceites lubricantes.

- **Petróleo a base mixta.**

Tienen características y rendimientos comprendidos entre las otras dos variedades principales.

Después de destilar sus porciones más volátiles abandonan naftas y asfalto. Aunque sin ser iguales entre sí, petróleos de las Cuencas de Golfo San Jorge (Comodoro Rivadavia, Chubut) y Neuquina (Plaza Huinca, Neuquén) son de base mixta.

Viscosidad: La viscosidad es la fricción interna del fluido que causa la resistencia a cambiar de forma. La viscosidad η es realmente una medida del esfuerzo (*stress*) de corte (*cizalla*) por unidad de tiempo. La viscosidad varía con la densidad y por tanto η es función del N° de átomos de carbono y de la cantidad de gas disuelto en el crudo. La η de los crudos ligeros es inferior a 30 mPa, siendo los valores mas frecuentes de 0,5-0,6 mpa (viscosidad de la gasolina). Los crudos pesados (asfálticos) tienen valores de η de 50000 - 100000 mPa (las arenas asfálticas de Athabasca presentan viscosidades de 106 mPa, siendo los crudos con esta viscosidad denominados alquitranes naturales) presentando grandes dificultades de recuperación.

Otros parametros de interés: Otro indicador de viscosidad es el denominado Punto de fluencia (PuntoPuro), que es la temperatura mas baja a la cual el crudo fluye (bajo condiciones controladas)

Puntos puros de + 40°C -- crudos pesados con ceras

Puntos puros de - 36°C -- crudos ligeros.

Significado práctico del n° de carbonos: Existe un limite en el numero de carbonos entre el gas y el crudo, este limite corresponde a 4 carbonos. El refinado del crudo permite obtener por destilación o fraccionamiento (calentamiento) los productos deseados. En general el orden de destilación es el siguiente:

- Gasolina y nafta (con benceno y otros hidrocarburos volátiles, de 4 a 10 átomos de C)
- Kerosen y petróleos para iluminación (11 - 13 C)
- Gasoils ligeros y diesel (14-18 C)
- Gases pesados y gas oíl de calefacción (19-25 C)
- Lubricantes y fuel oíl ligeros (26-40 C)
- Aceites residuales y fuel oíl pesado (mas de 40 C).