

## Geología del Petróleo



Tomado de AAPG

### Combustibles Fósiles

- Carbón, Petróleo y Gas Natural (no son sustancias puras)
- Están constituidos por mezclas de hidrocarburos en diferentes proporciones
- Generan calor por combustión con el oxígeno del aire
- Las moléculas de los hidrocarburos provienen de la biomasa (vegetales y animales) que se sostiene gracias al sol, que es la fuente de energía primaria del planeta
- El objetivo de la materia es entender el origen de las acumulaciones de hidrocarburos y conocer el rol de la Geología en la industria del petróleo

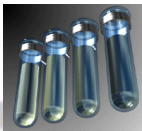
### ¿Qué es el Petróleo?

El petróleo es un producto natural, de características químicas muy homogéneas, aunque físicas muy variables.

Petróleo = Petro = Piedra  
= Oleo = Aceite

Petróleo significa "Aceite de Piedra"

Siempre es inflamable, un petróleo liviano puede encender con sólo una chispa, uno pesado necesita de fuego directo para hacerlo.



Es un líquido aceitoso cuyo color va desde el amarillo hasta el negro; es siempre menos denso que el agua, por lo que flota en ella. Cuanto más liviano, más amarillento; cuanto más pesado, más negro.

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

### Los hidrocarburos

- Están constituidos por moléculas de distintos tipo de enlaces de carbono e hidrógeno, de diferente peso molecular
- Carbón: mayoritariamente carbono y en menor medida hidrocarburos de alto peso molecular
- Petróleo: mezcla de hidrocarburos de diferentes tipos de cadenas de carbono (cadena simple -alcanos-, anillos -aromáticos-, ramificados-alifáticos-, etc.)
- Gas: mezcla de hidrocarburos de cadenas de hasta 4 átomos de carbono e impurezas (CO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>, etc. -gases no combustibles)

### Constitución del Petróleo

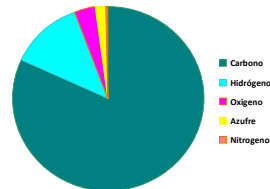
Está compuesto principalmente por:

Carbono (76 a 87%)  
Hidrógeno (10 a 14%)

(por eso se lo llama también hidrocarburo)  
Contiene además

Oxígeno (1 a 6%)  
Azufre (0 a 3%)  
Nitrogeno (~ 0,2 %)

Se encuentra en estado  
Líquido  
Gaseoso



## Componentes de los combustibles fósiles

Denominación química	Estado normal	Punto aproximado de ebullición	Productos empleo primario	
Metano Etano	CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Gaseoso Gaseoso	-161°C (-258°F) -88°C (-127°F)	Gas natural combustible / Productos petroquímicos
Propano Butano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Gaseoso Gaseoso	-42°C (-51°F) 0°C (31°F)	GLP / Productos petroquímicos
Pentano Hexano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Líquido Líquido	36°C (97°F) 69°C (156°F)	Naftas de alto grado
Heptano Octano Nonano Decano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	Líquido Líquido Líquido Líquido	98°C (209°F) 125°C (258°F) 150°C (303°F) 174°C (345°F)	Gasolina natural (substancia base para combustibles para motores de combustión interna, turbinas)
Undecano-N, Hendecano	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	Líquido	195°C (383°F)	
Dodecano-N, Dioxitio	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	Líquido	215°C (419°F)	Kerosene
Tetradecano-N	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	Líquido	252°C (487°F)	Aceites lubricantes
Eicosano-N	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	Sólido	---	Parafinas

## La Industria del Petróleo y el Gas

### La Industria del Petróleo

- El petróleo es el *commodity* de mayor comercio en los mercados del mundo. El Brent es uno de los petróleos utilizados para estimar la cotización en los mercados internacionales. Es un petróleo de alta calidad, ligero y dulce, que cotiza en dólares en el International Petroleum Exchange (IPE) de Londres.
- En 2008 llegó a superar los 130 dólares. Otros tipos de petróleo representativos del mercado son: el West Texas Intermediate (WTI), el tipo de crudo de referencia en EE. UU.; y el Dubai, el petróleo de referencia en Asia.
- En los Estados Unidos, es común medir los volúmenes de petróleo líquido en **barriles** (de 42 galones estadounidenses, equivalente a 158,987294928 litros), y los volúmenes de gas en **pies cúbicos** (equivalente a 28,316846592 litros); en otras regiones ambos volúmenes se miden en **metros cúbicos**.

### Gravedad API

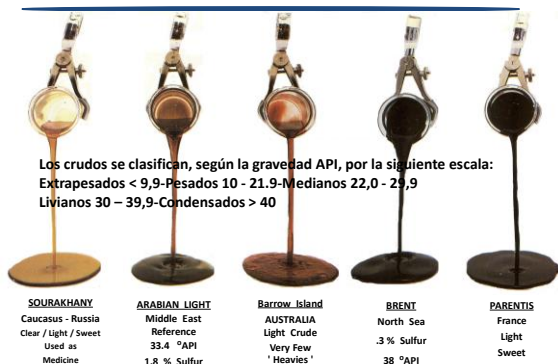
**Gravedad Específica:** es la relación existente entre la densidad absoluta de una sustancia y la densidad de una sustancia de referencia, donde esta última para el caso de los líquidos es el agua y para los gases es el [aire](#).

**Gravedad °API:** denota la relación correspondiente de peso específico y de la fluidez de los crudos con respecto al agua. La densidad del petróleo se expresa normalmente en gravedad API donde un fluido con una gravedad específica de 1,0 g cm<sup>-3</sup> (agua dulce, el agua salada 1,3 g cm<sup>3</sup>) tiene una gravedad API de 10°.

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{Ej} (0.9) \text{ Gravedad específica a } 60^{\circ}\text{F}} - 131.5$$

25.7 °API: (American Petroleum Institute): escala arbitraria de la [lectura](#) de la gravedad específica (densidad relativa). usada en la industria petrolera y que tiene como base la densidad del agua (100 API)

### Ejemplos de Petróleos



### Ejemplos de Petróleos



## API & SG

	SPECIFIC GRAVITY	SPECIFIC WEIGHT = $\gamma$	API GRAVITY
PURE WATER	1 g/cc	8.34 ppg	10° API
SAMPLE "A"	0.9 g/cc	7.51 ppg	25.7° API
Average "OIL WELL"	0.845 g/cc	7.05 ppg	36° API

g/cc = gram per cubic centimetre  
ppg = pounds per gallon  
API = American Petroleum Institute

## Propiedades

**Densidad:** es la relación existente entre la masa de un cuerpo o una sustancia y su volumen, es decir, la masa contenida en la unidad de volumen del mismo.

**Emulsión:** es una mezcla homogénea de petróleo u agua imposible de romper sin un tratamiento adecuado, tal como el uso de desmulsificantes.

**Sedimento:** es la parte sólida que se deposita en el fondo de la probeta o en el recipiente que contiene a la muestra.

**Trazas:** es la cantidad de agua y sedimentos que aparece en el fondo de cada tubo de muestra en cantidades inferiores a 0,05ml.

## Propiedades

**Viscosidad:** La viscosidad es la fricción interna del fluido que causa la resistencia a cambiar de forma. La viscosidad  $\eta$  es realmente una medida del esfuerzo (*stress*) de corte (*cizalla*) por unidad de tiempo. La viscosidad varía con la densidad y por tanto  $\eta$  es función del N° de átomos de carbono y de la cantidad de gas disuelto en el crudo.

## Propiedades

**Viscosidad:** La  $\eta$  de los crudos ligeros es inferior a 30 mPa, siendo los valores más frecuentes de 0,5-0,6 mPa (viscosidad de la gasolina). Los crudos pesados (asfálticos) tienen valores de  $\eta$  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 parámetros de interés:** Otro indicador de viscosidad es el denominado Punto de fluencia (PuntoPuro), que es la temperatura más 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.

## Tipos de Hidrocarburos en Reservorios

Reservoir fluid	Surface appearance	GOR range	Gas specific gravity	API gravity
Dry Gas	Colorless gas	no liquids	0.60-0.65	
Wet gas	Colorless gas with liquid	3 to 100 MSCF/bbl (900-18000 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0.60-0.85	60°
Condensate	Colorless gas with significant amounts of light-colored liquid	About 3000 SCF/bbl (500 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0.60-0.85	50°-70°
"Volatile" or high shrinkage oil	Brown liquid with various yellow, red or green hues	100-2500 SCF/bbl	0.65-0.85	40°-50°
"Black" or oil low shrinkage	Dark brown to black	(20-450 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )		30°-40°
Heavy oil	Black, very viscous liquid	Essentially no gas in solution		10°-25°
Tar	Black substance			<10°

## Unidades

Frecuentemente se utilizan **unidades** no ortodoxas que requieren factores de conversión. A continuación relacionamos algunas de ellas.

1 m <sup>3</sup> (n)	= 37,89 SCF (Standard cubic feet)
1 SCF	= 0,2655 m <sup>3</sup> (n)
1 BTU	= 252 calorías (BTU = British Thermal Unit)
1 BTU/SCF	= 9,547 kcal/m <sup>3</sup> (n)
1 kcal/m <sup>3</sup> (n)	= 0,10473 BTU/SCF
1 °C	= 1,8 °F + 32° (F = Fahrenheit)
1 °F	= 0,556 °C (F° 32)
1 galón imperial (G.B.)	= 4,5459 l
1 galón (EE.UU.)	= 3,7854 l
1 l	= 0,2201 galones imperiales (G.B.)
1 l	= 0,26418 galones (EE.UU.)
1 tonelada de equivalente carbón	= 27,336 × 10 <sup>6</sup> BTU
	= 6,89 × 10 <sup>6</sup> kcal
	~ 700 m <sup>3</sup> de gas natural standard

## La Industria del Gas

---

- El mercado del gas natural se está expandiendo rápidamente ya que el problema de su transporte ha sido solucionado.
- Composición del Gas natural: El gas compuesto casi en su totalidad por metano es denominado gas *seco* (dry gas). Si la proporción de etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) y de otras moléculas mas pesadas excede un valor arbitrario (normalmente el 4-5%), el gas es denominado húmedo (wet gas).

## La Industria del Gas

---

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos que contiene en mayor parte metano y etano, en menor proporción propano, butano e hidrocarburos mas pesados, sin mencionar las impurezas que generalmente contienen como CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y He.

## La Industria del Gas

---

- Los gases naturales pueden tener tres orígenes diferentes:
  - 1) Gas del Petróleo, formado como un bioproducto de la generación de petróleo es un gas asociado. El gas generado por modificación termo catalítica del petróleo recibe el nombre de gas no-asociado.
  - 2) Gas carbonoso: formado bien por modificación termo catalítica 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).

## La Industria del Gas

---

En cuanto a la solubilidad del gas podemos decir que básicamente depende de: presión, temperatura, composición de gas y petróleo. **De acuerdo a esto podemos clasificar los yacimientos en saturados y subsaturados donde:**

- **Saturados son aquellos que al disminuir un poco la presión se libera gas (a cualquier P y T)**
- **Subsaturados son aquellos en los que, a cualquier P y T, al disminuir levemente la presión no liberan gas, ya que el hecho de que sea subsaturado indica que no puede existir gas libre en contacto con el petróleo**

## La Industria del Petróleo y del Gas

---

- **Upstream: comprende la Exploración y Desarrollo (producción) de hidrocarburos –petróleo y gas-**  
Características:
  - Mayor industria extractiva (remoción de recursos no renovables)
  - Inversión de capital intensiva (más de 100.000 millones de dólares en *upstream* al año)
  - Alto riesgo: el porcentaje de éxito de descubrir nuevas acumulaciones comerciales (yacimientos) es del 10-30%.
  - Es un comodite , tiene un precio para un lugar determinado, y se puede vender en cualquier lugar.
- **Downstream: comprende la industrialización de la materia prima – refinamiento y comercialización de combustibles; y petroquímica-**
- **Empresa Integrada: está constituida por ambas ramas que operan en forma independiente (el upstream vende su producción al downstream).**

## La Industria del Petróleo y del Gas

---

- **Upstream: comprende la Exploración y Desarrollo (producción) de hidrocarburos –petróleo y gas-**  
Características:
  - Mayor industria extractiva (remoción de recursos no renovables)
  - Inversión de capital intensiva (más de 100.000 millones de dólares en *upstream* al año)
  - Alto riesgo: el porcentaje de éxito de descubrir nuevas acumulaciones comerciales (yacimientos) es del 10-30%.
  - Es un comodite , tiene un precio para un lugar determinado, y se puede vender en cualquier lugar.

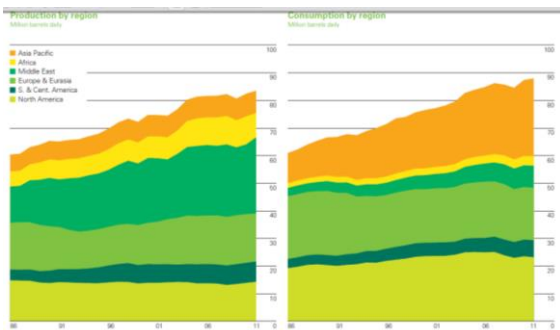
## La Industria del Petróleo y del Gas

- **Downstream:** comprende la industrialización de la materia prima – refinamiento y comercialización de combustibles; y petroquímica-
- **Empresa Integrada:** está constituida por ambas ramas que operan en forma independiente (el upstream vende su producción al downstream).

### Actividad del downstream

- **Productos petroquímicos (5% de la producción primaria):** polietileno, polipropileno, fibras sintéticas (nylon, poliéster), acrílicos, colorantes, adhesivos, pinturas, fármacos, cosméticos, etc. Fertilizantes nitrogenados, herbicidas, insecticidas, etc.
- **Producción y comercialización de combustibles ( 95% de la producción primaria):** motonaftas, gas, fuel oil, etc. Lubricantes, asfalto y gas (GNC, GLP, GNP).
- Constituyen el 60% a nivel mundial de producción de energía (Argentina el 88%).
- Las fuentes alternativas (energía solar, eólica, nuclear, etc.) no son importantes. El gas está en pleno ascenso.

### Actividad del upstream: producción de petróleo



World oil production increased by 1.1 million bbl in 2011, with OPEC accounting for nearly all of the increase despite a 1.2 million bbl reduction in Libyan production. The US had the largest growth in non-OPEC supply for a third consecutive year. World oil consumption increased by roughly 400,000 bbl. All of the net growth came from emerging economies in Asia, South & Central America, and the Middle East, offsetting declines in Europe and North America.

## La Industria del Petróleo y del Gas

- **Downstream:**
- **Gross product worth:** valor que obtengo a partir del petróleo bruto
- Definido por densidad, contenido de azufre, etc.
- Refinería trata de maximizar el valor del producto con variaciones de precio en función de la época del año y con mucha volatilidad de los precios. (13 refinerías en el país) 10 complejas.
- **Yield:** rendimiento del crudo en una refinería determinada.
- El comprador siempre es responsable a partir de la carga.

- [www.nymex.com](http://www.nymex.com)
- [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov) (secretaria energia EEUU)
- Referencia precios de publicaciones Elplax-Argus

### Actividad del upstream: Reservas de petróleo

Distribution of proved reserves in 1991, 2001 and 2011 (Percentage)

- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- Europe & Eurasia
- Africa
- Asia Pacific

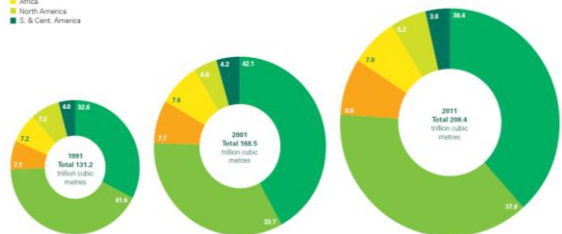


<http://www.bp.com/>

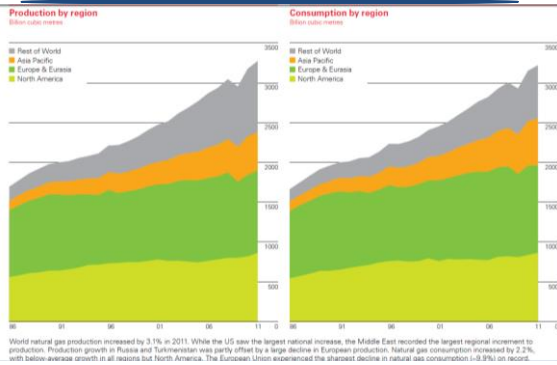
### Actividad del upstream: Reservas de Gas

Distribution of proved reserves in 1991, 2001 and 2011 (Percentage)

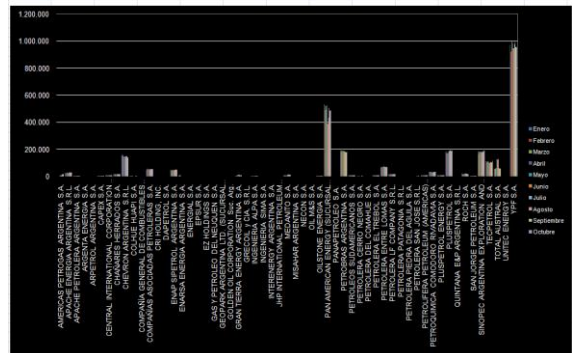
- Middle East
- Europe & Eurasia
- Asia Pacific
- Africa
- North America
- S. & Cent. America



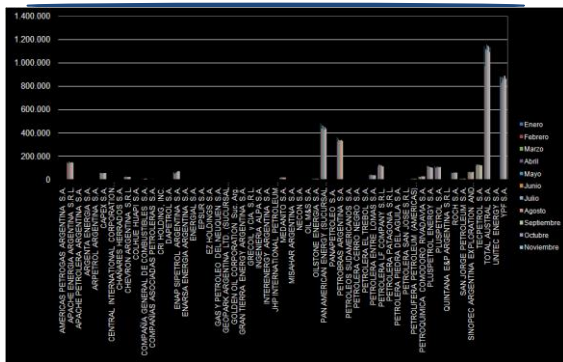
**Actividad del upstream: producción de gas natural**



**Producción de Petróleo en m3 por año Argentina 2010**



**Producción de Gas en miles m3 por año en Argentina**



**Actividad del upstream: categoría de empresas**

- El valor está dado por la cantidad de reservas que posee
- Compañías estatales (NOC): tienen como accionista controlador al gobierno. Poseen el 80% de las reservas, ej.: PDVSA, Pemex, Petrobras, Statoil, Aramco, Pertamina, Sonatrach, YPF (hasta 1993). Poseen en general contratos con empresas privadas.
- Megaempresa: producidas por fusión y compra (take over) Exxon-Mobil, BP-Amoco-Arcoc, Royal Dutch-Shell. En segundo lugar TotalFinalElf, Chevrontexaco, etc.
- Independientes (solo upstream) y de servicios: Anadarko, Marathon Oil, Phillips Petroleum, y menores (privadas argentinas ej.: Tecpetrol, Pluspetrol, etc.).

**Evolución del mercado de gas**

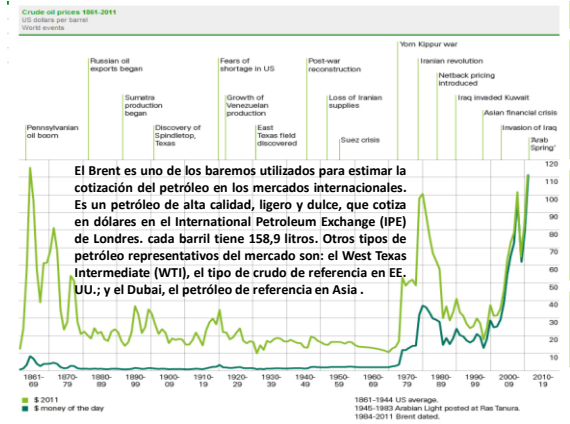
- El mercado del petróleo fortaleció la industria desde sus comienzos
- El mercado del gas comenzó a expandirse a partir de 1960 (gasoductos y oleoductos). EEUU, UK, Holanda, Japón, Francia, Rusia y Argentina crece rápidamente (en Argentina hay 80 compañías productoras, transportadoras y distribuidoras).
- GNL (gas natural licuado): permitió el almacenamiento y distribución a distancia. El 75% de la producción mundial de gas se consume en el país de origen, 20% vía gasoductos y 5% vía GNL.
- LPG (Butano/Propano)
- La tendencia del uso del gas aumenta rápidamente.

**Evolución del mercado de gas**

- Argentina produce 90 mMm3 de gas por día exporta a Chile 15 Mm3 p/día y tiene 5 gasoductos ( presión máxima 60-62 kg).
- La tendencia del uso del gas aumenta rápidamente.
- Condiciones de transporte, limitaciones, CO2, Azufre, Punto de Rocio, porcentaje de gasolina, calorías.
- 1 M3 a 9300 Kcalorías equivalente (CO2 10% < de poder calórico)

### El Mercado Argentino y su regionalidad

- El precio del gas \$ por: cada 1000 m3 (9300 kcal) \$ por millones de BTU (9547 kcal/m3)
- Las compañías de servicios son internacionales. La industria argentina provee al mercado interno e internacional materiales para la industria.
- El Mercosur se materializa en el oleoducto a Concepción (20.000 m<sup>3</sup>/día de capacidad), en 4 gasoductos a Chile y a Brasil vía Uruguayana y a Uruguay vía Paysandú.



### Evolución del precio del gas desde 1972

The prices for LNG and European border are calculated as cif prices, where cif = cost + insurance + freight (average freight prices) in US dollars per million British thermal units (Btu). **Prices**

Annual prices are given for benchmark natural gas hubs together with contracted pipeline and LNG imports. The benchmark hub prices incorporate US (Henry Hub), Canada (Alberta) and the UK (NBP). Contract prices are represented by LNG imports into Japan and Average German Import Prices.

The prices for LNG and European border are calculated as cif prices, where cif = cost + insurance + freight (average freight prices) in US dollars per million British thermal units (Btu).



> Clasificación de los hidrocarburos. Fuente: Hager, Dorsey; "Practical Oil Geology," 6a edición, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1961.

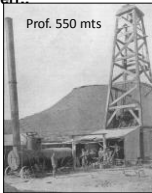
### La historia del Petróleo en la Argentina

Comodoro Rivadavia



Para el común de la gente, el descubrimiento y explotación del petróleo en la República Argentina se inició el 13 de Diciembre de 1907. en el pozo N° 2 de Comodoro Rivadavia, operado por la Dirección de Minas, Geología e Hidrología. El objetivo de este pozo era buscar agua para la incipiente población del lugar, instalada en 1901 como puerto de salida de la producción del valle del río Senguerr...

Si bien es cierto que aquel evento sacudió vivamente el interés nacional verdad también que en forma mas modesta y menos entusiasta 38 años antes, ya se había constituido formalmente la primera empresa petrolera Argentina para tratar de poner en producción los depósitos petrolíferos Jujeños, riqueza que ya había sido descripta en los comienzos del siglo XVIII.



Tomado de Jorge Hechem, 2012

### La historia del Petróleo en la Argentina

Jujuy

La primera empresa comercial se denominó Compañía Jujeña de Kerosene y se constituyó en 1865, en la provincia de Jujuy con capitales Argentinos y Bolivianos.



Diez años más tarde, una segunda empresa privada formada por el Dr. Teodosio López inició exploraciones en la zona de Ledesma (Salta)

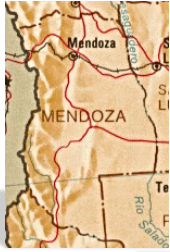


Las mas antiguas informaciones respecto al uso del petróleo en nuestro país se remonta al siglo XVII, cuando los odres de cuero en los cuales se transportaba el vino de la región Cuyana se revestían con el asfalto o brea que había en esa zona.

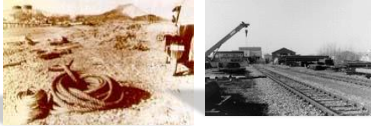
Tomado de Jorge Hechem, 2012

## La historia del Petróleo en la Argentina

### Mendoza



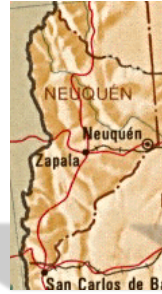
Los antecedentes de exploración de Hidrocarburos en Mendoza se remontan a estudios realizados entre 1868 y 1870 en Cacheuta y Uspallata, posteriormente en 1886 se fundó la Compañía Mendocina de Petróleo la cual perforó varios pozos con una producción que justificó hacer un oleoducto de 35 Km. hasta la ciudad de Mendoza.



Tomado de Jorge Hechem, 2012

## La historia del Petróleo en la Argentina

### Neuquén



En Neuquén la explotación de afloramientos de petróleo comenzó en 1904 y 1908 en la confluencia del arroyo Covunco con el río Agrio.



Tomado de Jorge Hechem, 2012

### El nacimiento de la industria del petróleo

- A partir de 1960 comienza a tomar significado el uso del gas como combustible (medios de transporte).
- Históricamente, desequilibrios entre oferta y demanda, razones políticas, guerras, etc. hizo que la variación del precio del crudo fuera brusca.
- Como consecuencia se creó en 1960 la OPEP (Organización de países exportadores de petróleo) que inicialmente eran: Venezuela, Irán, Irak, Kuwait y Arabia Saudita.

### El principio de accesión

- En Estados Unidos el principio de accesión favoreció el desarrollo de la industria del petróleo, resultado de inversión directa o arrendamiento.
- "Regla de captura": En 1889 la Corte Suprema de Pensylvania asigna la libre movilidad del petróleo y gas, por lo tanto no existe la propiedad de estos combustibles en estado natural. Solo se hace efectiva cuando se toma posesión física.
- Esta regla provocó una rápida expansión de la industria del petróleo (¡y un desorden inicial!).

### El dominio del subsuelo

- En América existen dos tradiciones institucionales diferentes vinculadas al legado británico y español.
- Principio de accesión: "Cujus est solum, ejus est usque ad coelum et ad inferos" (aquel a quien pertenezca el suelo, también es dueño de todo lo que se encuentra por encima y por debajo en una extensión indefinida hasta el cielo y hasta el infierno).
- Régimen regalista: Ordenanzas de Alcalá de 1348. El Rey o el estado son dueños de las riquezas del subsuelo.

### El régimen regalista

- La regulación por parte del gobierno fue muy fuerte.
- Se crearon empresas estatales
- Venezuela: el estado es dueño no solo del petróleo sino también de su industrialización y comercialización.
- Brasil: el estado es dueño de los yacimientos
- México: único país latinoamericano sin participación de empresas extranjeras.



### *El régimen regalista en Argentina*

- El recurso pertenece al estado pero puede ser explotado por un privado mediante el pago de una regalía
- La regalía consiste en el 12% de la producción bruta (con excepciones) y la actividad se enmarca dentro del régimen fiscal general de actividades económicas.
- 1968: Ley 17.319, se oficializa el acceso a la empresa privada.
- 1985: Plan Houston, aliento a la exploración bajo la supervisión de YPF.
- Ley 23.696, reforma del estado, acentúa la ley 17.319.

### *¿CÓMO SE BUSCA Y DESCUBRE?*

Para encontrar yacimientos de petróleo hay que determinar desde la superficie en que áreas existen zonas de interés.

Al principio esto no necesitaba de técnicas muy sofisticadas, sino de geólogos estudiosos y capacitados tanto como imaginativos y audaces.

Estudiando la topografía de una determinada zona e imaginando la continuidad de ésta hacia el centro de la tierra, se puede localizar estructuras favorables para encontrar petróleo y gas.

Pero en la actualidad todos esos yacimientos ya están descubiertos e investigados; para encontrar nuevos, es necesario la aplicación de técnicas cada vez más y más sofisticadas; aunque siempre se debe mantener cierta imaginación y audacia en los técnicos que definen donde perforar.

### *¿CÓMO BUSCAMOS EL PETRÓLEO ACTUALMENTE?*

*LA EXPLORACIÓN PETROLERA SE APOYA EN DOS CIENCIAS FUNDAMENTALES*

#### **GEOLOGÍA**

Es la ciencia que estudia la forma exterior o interior del globo terrestre, de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen, y de la posición que tienen en su actual estado

#### **GEOFÍSICA**

Es la ciencia que estudia la estructura física y las propiedades de la Tierra aplicando, especialmente, los métodos de la física a tales estudios.

### *CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIRSE PARA QUE EXISTA UN YACIMIENTO DE PETRÓLEO*

Debe identificarse un

#### **SISTEMA PETROLERO:**

- Roca madre
- Roca reservorio
- Roca sello
- Proceso de migración de la roca madre a la reservorio.
- Existencia de trampas para la migración



### *Geología de Superficie Imágenes Aéreas y Satelitales Gravimetría Magnetometría Sísmica de superficie*

### *EXPLORACIÓN DESDE LA SUPERFICIE*

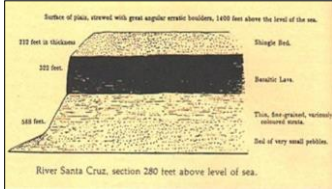
### **Geología de Superficie Imágenes Aéreas y Satelitales Gravimetría Magnetometría Sísmica de superficie**

**Geología de Superficie**

Darwin fue seguramente el primer viajero que aplicó un modelo geológico en la Patagonia (1831/32). El modelo imperante en ese momento inducía a pensar que los afloramientos de la costa, los rodados patagónicos, las coladas basálticas mesetiformes y los grandes bloques erráticos eran submarinos, productos del diluvio universal. Darwin siguió ese modelo, pero comenzó a discutirlo...



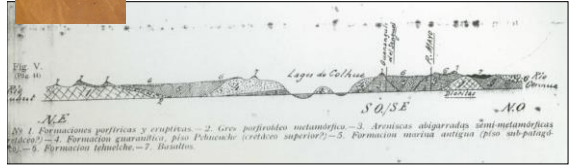
Tomado de Jorge Hechem, 2012



**Geología de Superficie**

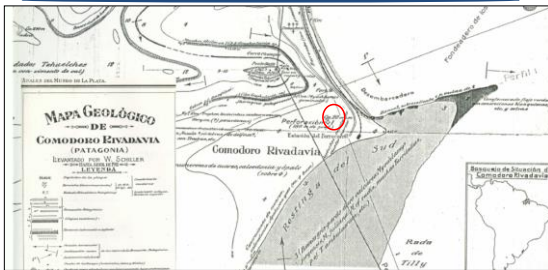
**Carlos Ameghino**

Sus observaciones definieron en primera instancia las bases de la estratigrafía de la cuenca



Tomado de Jorge Hechem, 2012

**Geología de Superficie**

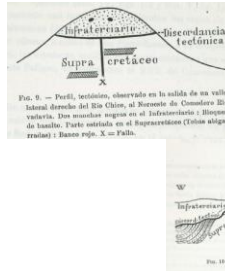


El Pozo N° 1 se perforó en 1903 al sur del Chenque, y se abandonó a los 172m. Todo indica que su ubicación se definió por cercanía a la población existente en ese entonces

Tomado de Jorge Hechem, 2012

**Geología de Superficie**

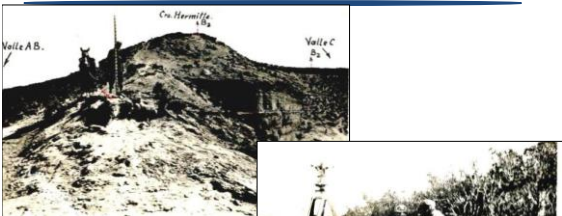
Entre 1910 y 1911 Walter Schiller asocia los yacimientos a las estructuras formadas principalmente por fallas y movimientos verticales que forman cúpulas visibles en el Terciario



Schiller

Tomado de Jorge Hechem, 2012

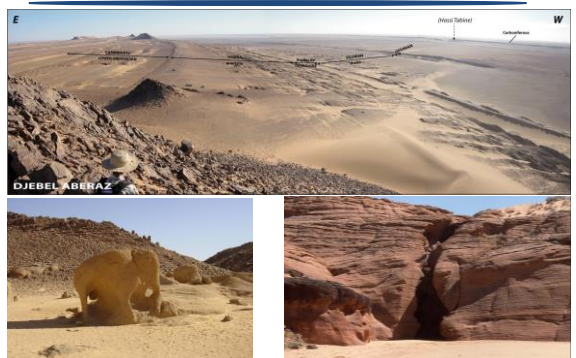
**Geología de Superficie**



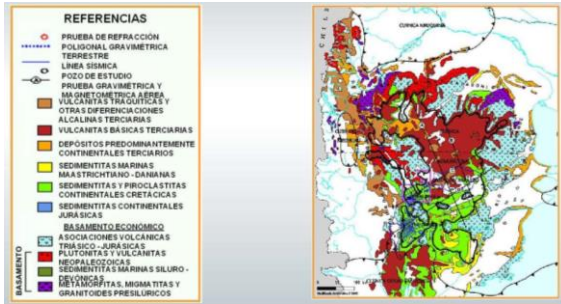
Fotos del informe de Alejandro Stessin titulado "La tectónica de la formación Patagónica y su relación con el petróleo", 1929

Tomado de Jorge Hechem, 2012

**Geología de Superficie**

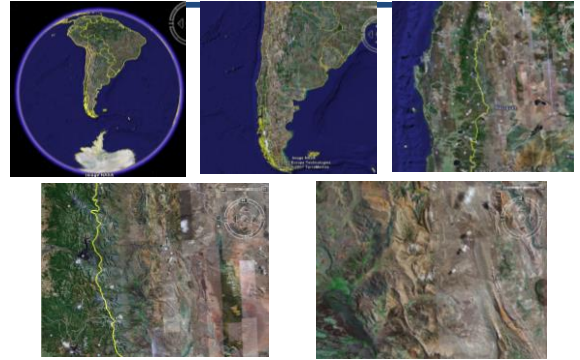


### Mapa Geológico

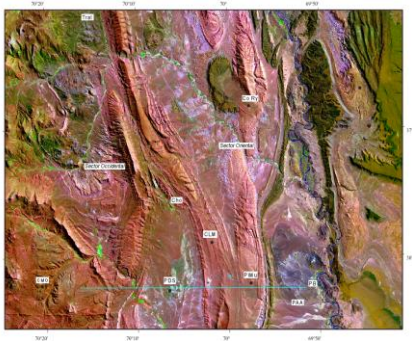


Tomado YPF

### Imágenes Aereas y Satelitales



### Imágenes Aéreas

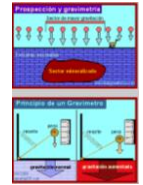


### Gravimetría

Ante diferentes pesos de las rocas las más pesadas tendran una mayor atracción gravitatoria que las más livianas.

Pirita es una roca pesada

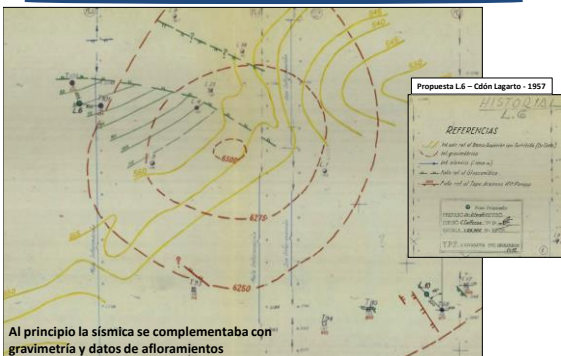
Arenisca es una roca liviana



En exploración de petróleo, nosotros medimos cambios en la gravedad que pueden ser de una millonésima parte o hasta uno en diez millones de partes del campo gravitatorio total de la tierra.

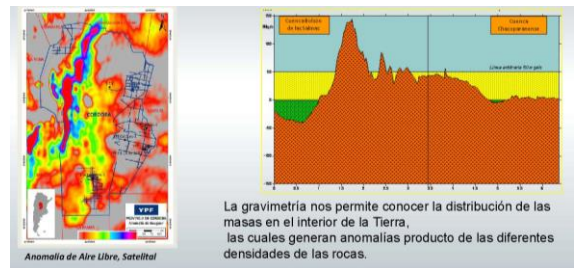


### Gravimetría



Al principio la sísmica se complementaba con gravimetría y datos de afloramientos

### Metodos Potenciales: Prospección Gravimétrica



La gravimetría nos permite conocer la distribución de las masas en el interior de la Tierra, las cuales generan anomalías producto de las diferentes densidades de las rocas.

**Gravimetría**



En prospección por **gravedad**, nosotros medimos muy pequeñas variaciones en la fuerza de gravedad de aquellas rocas que se encuentran en las primeras capas de la superficie de la tierra. Diferentes tipos de rocas, tienen diferentes tipos de densidades, y las rocas más densas tienen la mayor atracción gravitatoria. A la izquierda hay un **"gravímetro"**, el cual mide la fuerza de gravedad en la tierra.

**Magnetometría**



En Prospección **Magnética** nosotros buscamos cambios en las mediciones del campo magnético de la tierra. El campo magnético de rocas sedimentarias es usualmente menor que las rocas ígneas y metamórficas. Esto nos lleva a poder medir el espesor de la sección sedimentaria de la corteza. El instrumento a la izquierda es un **"magnetómetro"** que nos permite medir el campo magnético de la tierra.

**Magnetometría**

Muchas rocas tales como magnetita son naturalmente magnéticas. La brújula no indica lo mismo



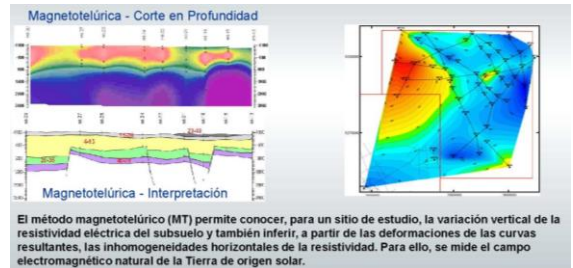
**Magnetita**



**Arenisca**



**Magnetometría**



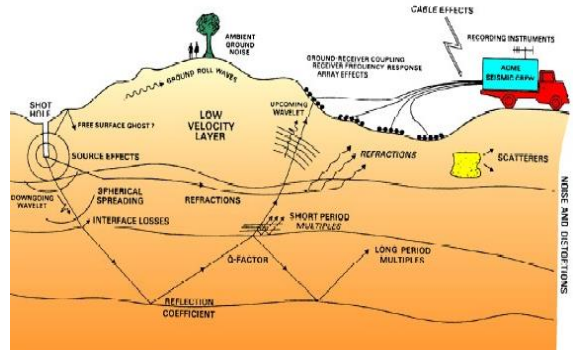
Tomado YPF

**Prospección Geoquímica**



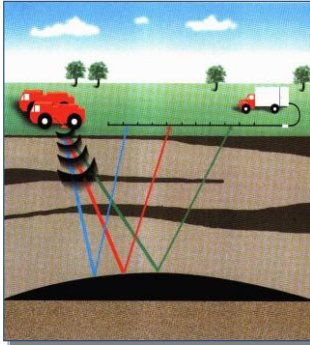
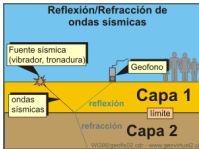
Tomado YPF

**Geofísica**

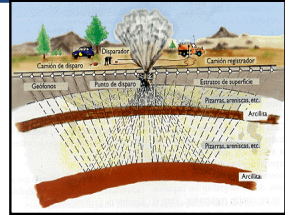


### Sísmica

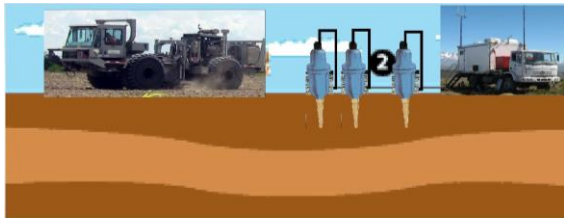
Las ondas de sonido emitidas desde la superficie del terreno y transmitidas a través de las capas del subsuelo. Rebotan nuevamente hasta la superficie. Cada vez que cambia el tipo de roca, lo que permite confección de "mapas" del subsuelo



De las técnicas geofísicas, la **sísmica** es la que se emplea mas frecuentemente y la que ha evolucionado desde adquisición 2D a 4D

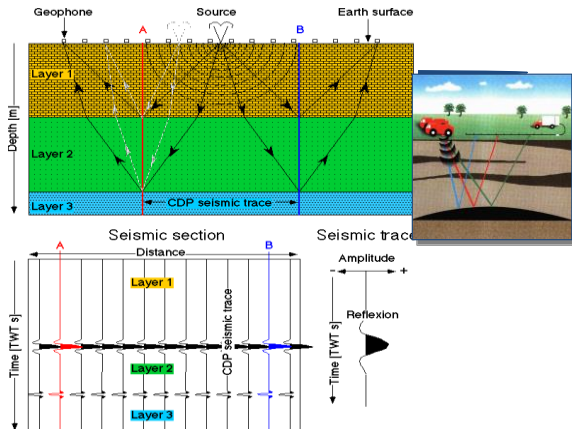


### Adquisición Sísmica



Las ondas de sonido, emitidas desde la superficie del terreno y transmitidas a través de las capas del subsuelo, rebotan nuevamente hasta la superficie cada vez que cambia el tipo de roca; lo que permite confección de "mapas" del subsuelo.

Tomado YPF



### Geofísica

- 1) Diseño del Proyecto
- 2) Estudio de Impacto Ambiental Previo y Presentación a la Autoridad de Aplicación
- 3) Obtención de los permisos de paso para operar
- 4) Topografía: marcación del proyecto en el terreno
- 5) Colocación de los receptores
- 6) Generación de las ondas

Tomado YPF

### Adquisición Sísmica Operaciones



Tomado YPF

### Adquisición Sísmica Operaciones

**Campamento y Personal Involucrado**



SECTOR	PERSONAL
Adm. QC, PM, HSE	35
Taller Mecánico	9
Laboratorio	8
Vibros	28
Registro	87
Topografía	22
Up Holes	5
Perforación	56
Gamela y Limpieza	14
Topadora	3
Pala cargadora	3
Transporte	4
Ambulancias	6
Supervisores	3
<b>Total</b>	<b>283</b>

**Total de personal= 283 en campo + 142 de descanso= 415 personas**

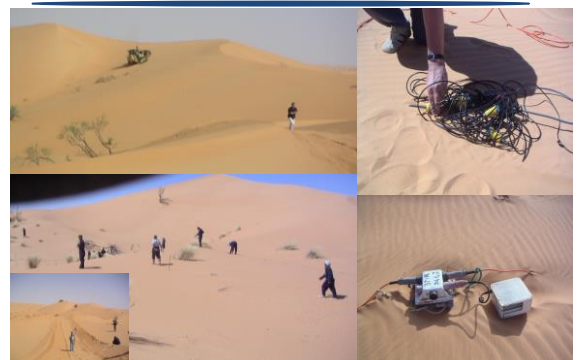
### Adquisición Sísmica



### Adquisición Sísmica



### Adquisición Sísmica



### Adquisición Sísmica



- Los geófonos convierten estas señales en impulsos eléctricos que son transmitidos por cables al camión de registro (Sismógrafo).



En el mismo hay delicado instrumental electrónico, que amplifica y graba los impulsos eléctricos para el posterior análisis con computadoras.

### Adquisición Sísmica Operaciones

**Inconvenientes Operativos**

- Terrano agravo**
  - Accesos y tránsito difíciloso para de los vibros
  - Raduras de cubiertas
  - Rotura de equipamiento
- Problemas por estática y tormentas eléctricas**
- Interacción Social**





Tomado YPF

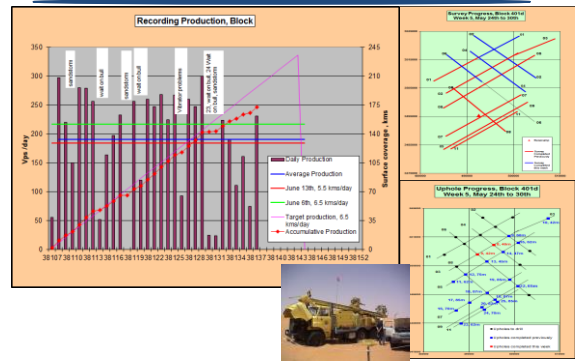
### Adquisición Sísmica Operaciones

**Inconvenientes Operativos**

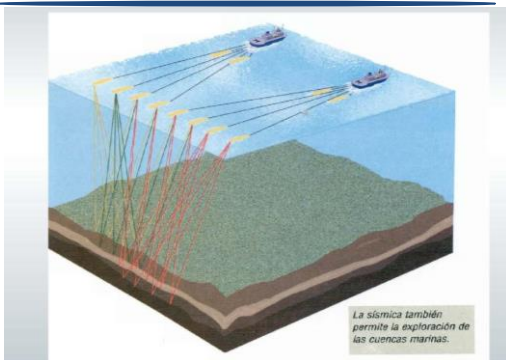
- Basalto en superficie:
- Cortes en las cubiertas y destrucción de las mismas
- Destrucción del sistema mecánico de transmisión de la energía

Tomado YPF

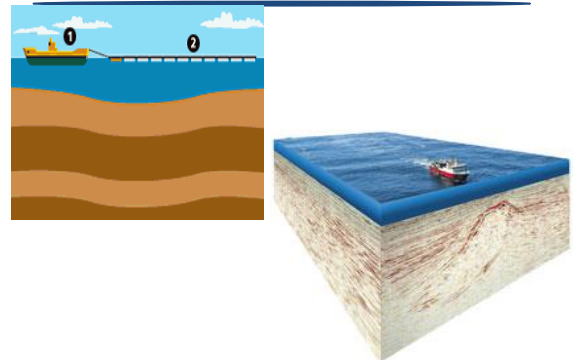
### Adquisición Sísmica Operaciones



### Adquisición Sísmica Operaciones



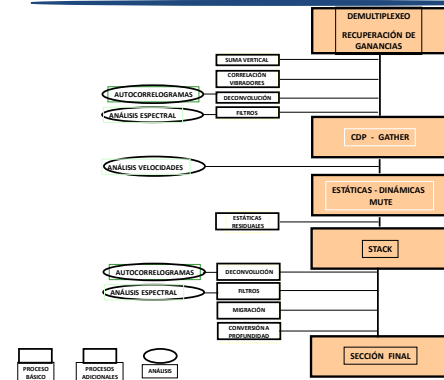
### Adquisición Sísmica Marina



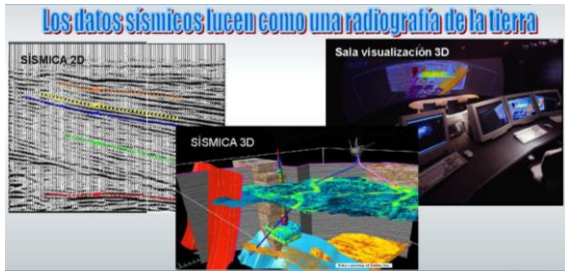
### Procesado Sísmico



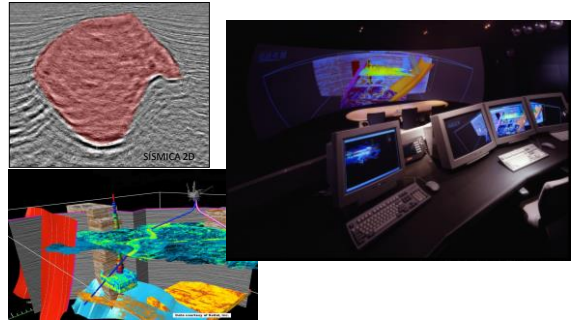
### Secuencia Procesado Sísmico



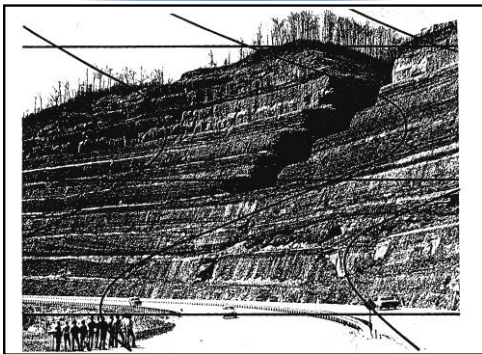
**Interpretación Sísmica**



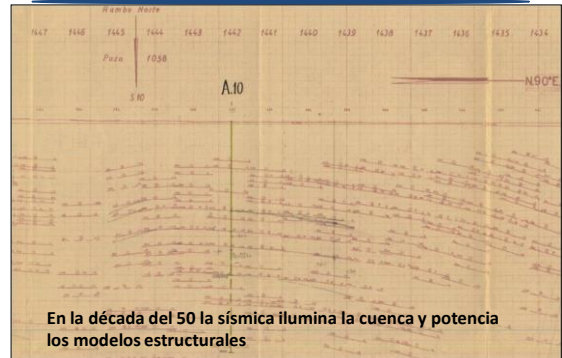
*La sísmica es como una radiografía del subsuelo y es una herramienta fundamental de mapeo*



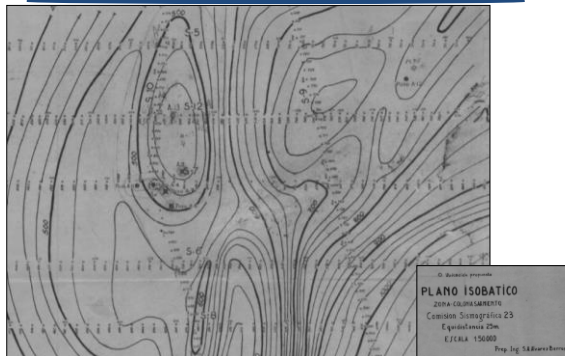
**Resolución vertical vs horizontal**



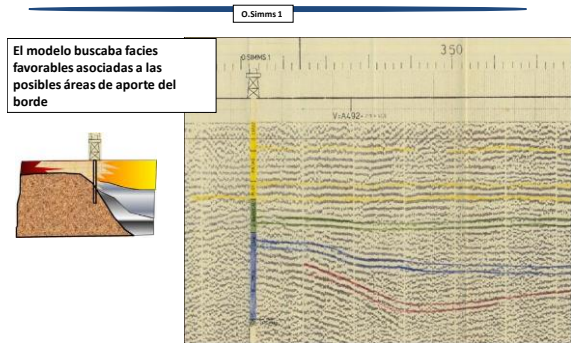
**Geofísica (Primeras adquisiciones)**



**La sísmica como herramienta fundamental de mapeo**

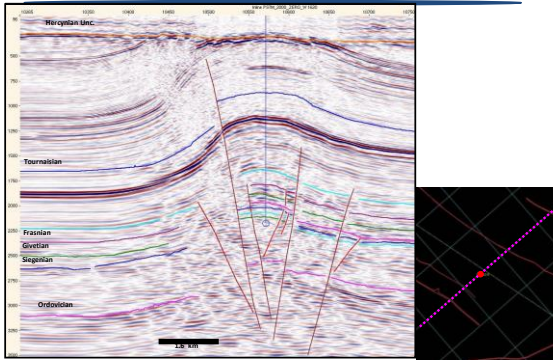


**Exploración sismoestratigrafía**

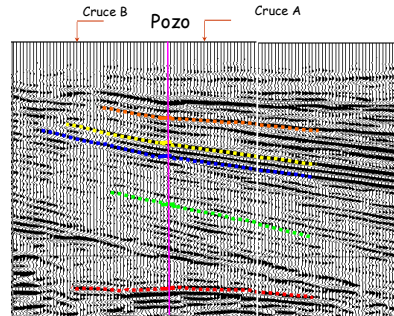




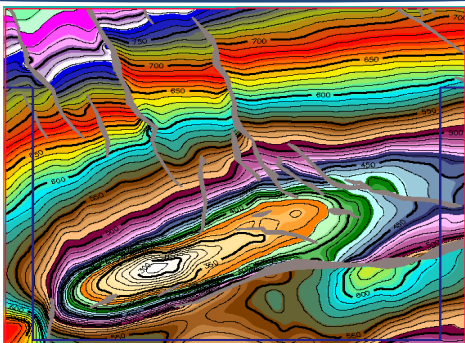
**Línea Sísmica Crossline**



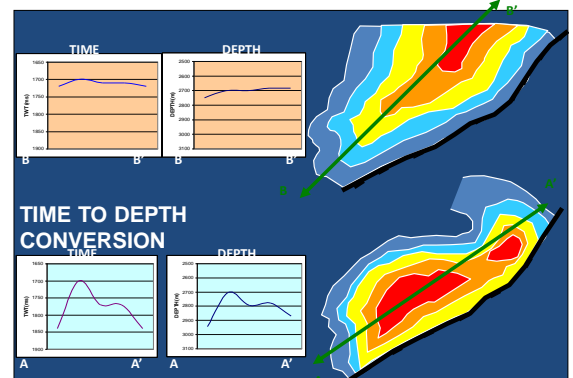
**Seguimiento e interpretación de los niveles seleccionados**



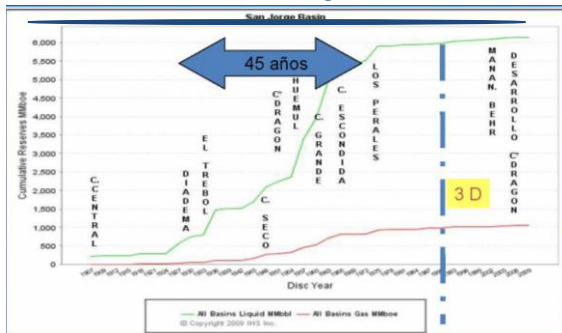
**La sísmica herramienta fundamental de mapeo**



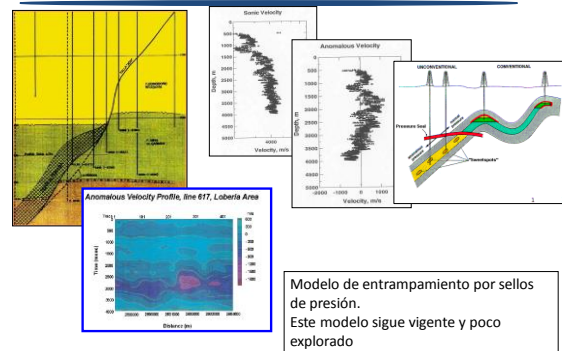
**Correlación datos Geológicos/Geofísicos**



**Evolución de la Sísmica en Argentina**



**Un modelo de entrapamiento no convencional (1980-2012)**



Modelo de entrapamiento por sellos de presión.  
Este modelo sigue vigente y poco explorado

Tomado YFF

## ATRIBUTOS SÍSMICOS

### Definiciones:

"Seismic Attributes are all the information obtained from seismic data. Either by direct measurements or by logical or experience based reasoning"

(Taner, 2008)

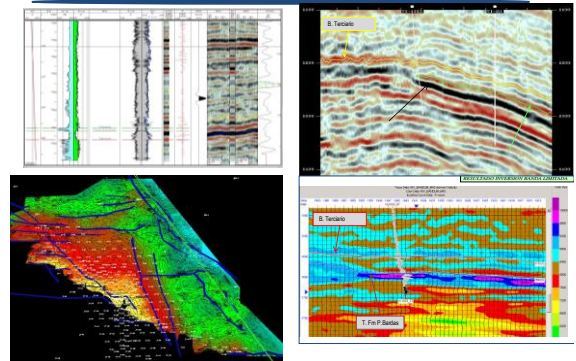
"Atributo Sísmico es cualquier información adicional obtenida a partir de la sísmica mas allá del mapa estructural"

(CHR 2013)

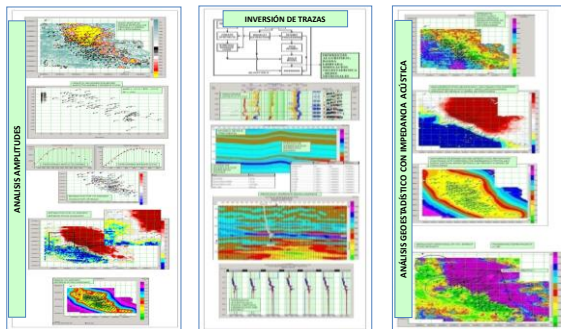
El Análisis de Atributos se podría definir como la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos para utilizar la combinación múltiple de atributos sísmicos con el fin de predecir el comportamiento de las variables del reservorio de interés

Tomado de Carin Regazoni

## La sísmica herramienta fundamental de mapeo



## Aplicaciones de Atributos y Geostatística



## Ciclo Productivo del Petróleo

- 🔗 Exploración
  - 🔗 Geología de Cuencas
  - 🔗 Prospección Sísmica
  - 🔗 Wild Cat, Pozo descubridor
  - 🔗 Delimitación del Descubrimiento, Avanzada
- 🔗 Desarrollo del descubrimiento
  - 🔗 Estudio del Reservorio, desarrollo del subsuelo
  - 🔗 Estudio de la extracción y disposición, desarrollo de superficie
- 🔗 Explotación
  - 🔗 Producción, o extracción
  - 🔗 Transporte interno, Tratamiento, Acondicionamiento
  - 🔗 Inyección
  - 🔗 Medición
- 🔗 Transporte, Almacenaje, Embarque, Comercialización



Jauregui Jose Maria

[jjaregui@fing.uncu.edu.ar](mailto:jjaregui@fing.uncu.edu.ar)

[jmj54@hotmail.es](mailto:jmj54@hotmail.es)

<http://www.osso.org.co/docu/tesis/2001/comportamiento/refraccion.pdf>

<http://catedras.facet.unt.edu.ar/geofisica/wp-content/uploads/sites/4/2014/02/Sismica-para-Geologos.pdf>