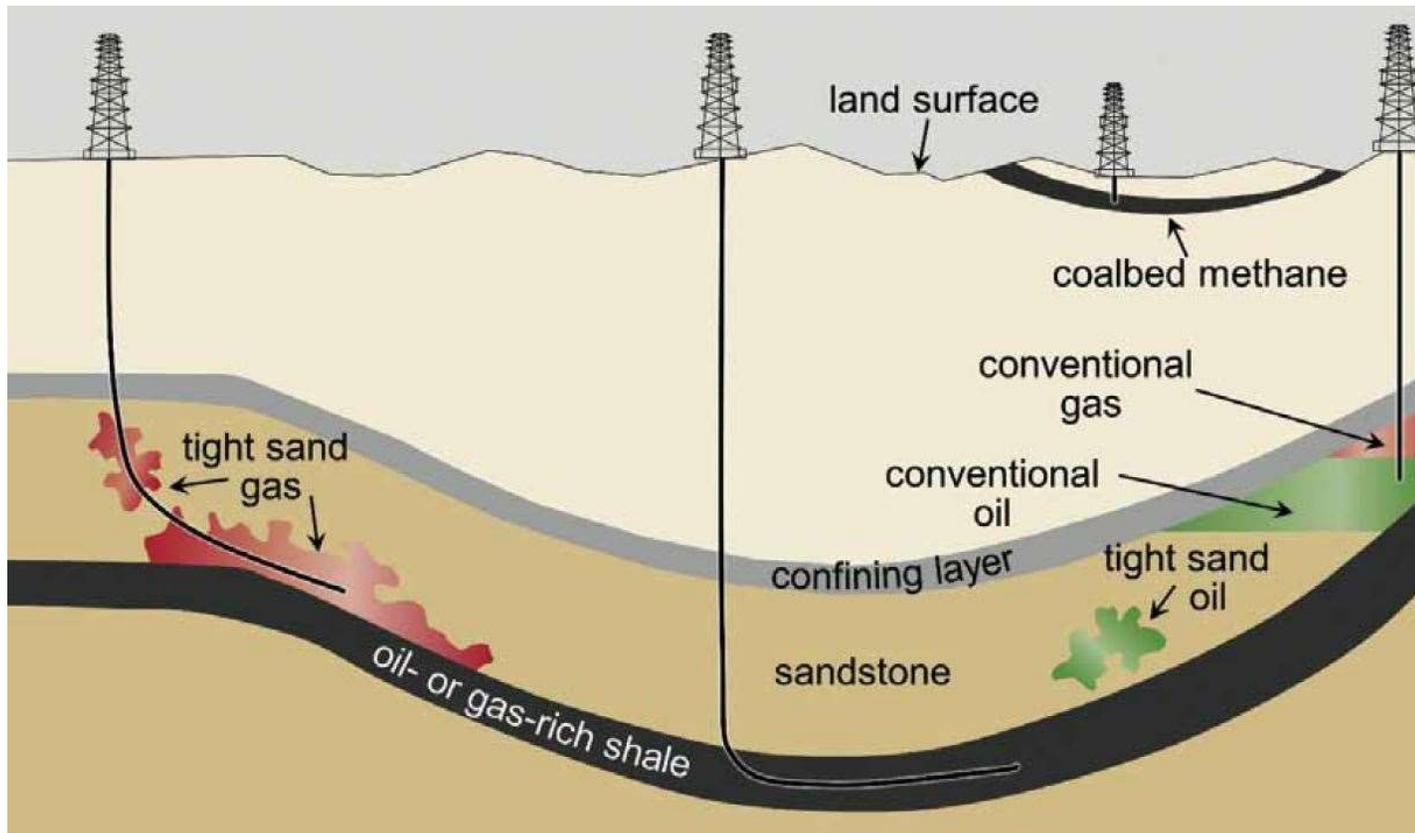




## *Tema I: Introducción a los Yacimientos No Convencionales*



*Docentes: Msc. Ing. Evanna Fuenmayor  
Ing. Vicente Berríos*

# Yacimientos No Convencionales

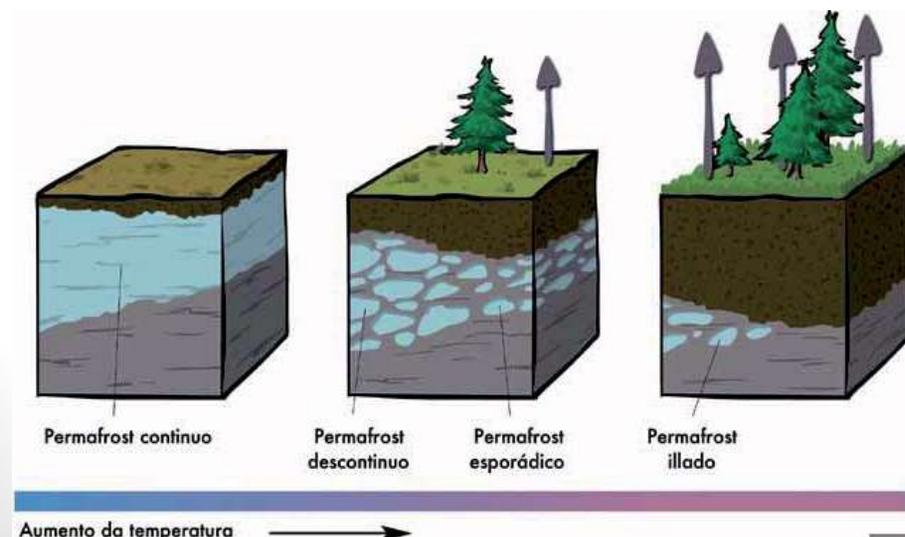
## Hidratos de Gas

Los hidratos son sólidos en los que las moléculas de gas (esencialmente metano) son atrapadas en una estructura cristalina similar al hielo.

Su formación está relacionada a zona de altas latitudes, sedimentos que subyacen en regiones continentales polares (permafrost) y en sedimentos de aguas profundas de márgenes continentales.



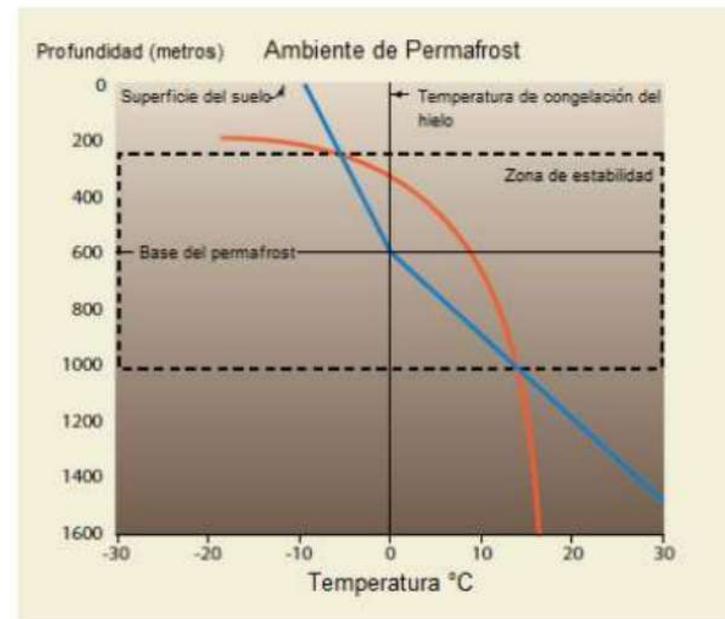
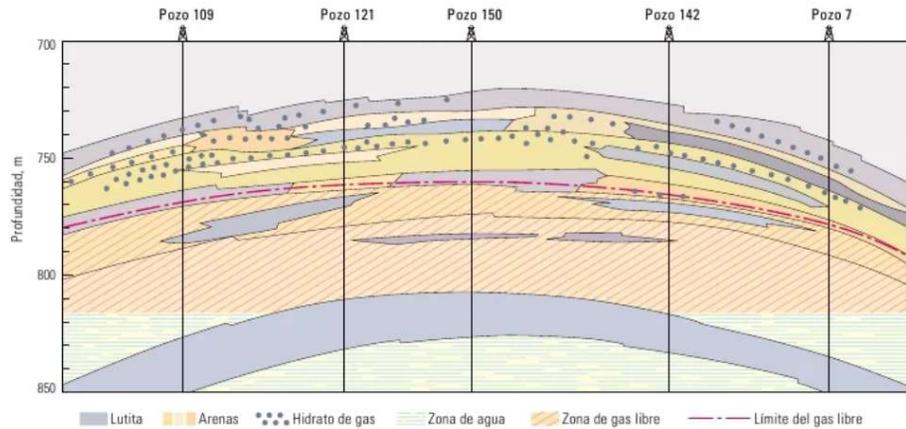
<https://www.youtube.com/watch?v=0PvyYprhC8M>



1 m<sup>3</sup> HG contiene 163 m<sup>3</sup> de gas metano en CN

# Yacimientos No Convencionales

## Hidratos de Gas



Profundidad promedio de los Hidratos de Gas  
200 – 1000 m (aprox.)

# Yacimientos No Convencionales

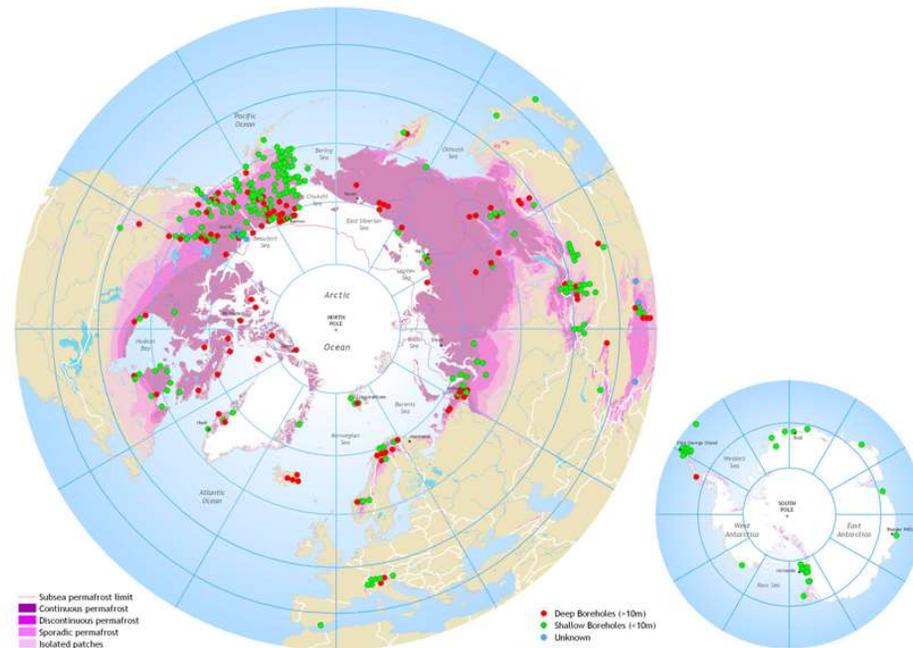
## Recursos y Reservas HG

Países que realizaron pruebas:

Estados Unidos  
 Canadá  
 Japón  
 Rusia  
 China

Zonas con alto potencial potencial:

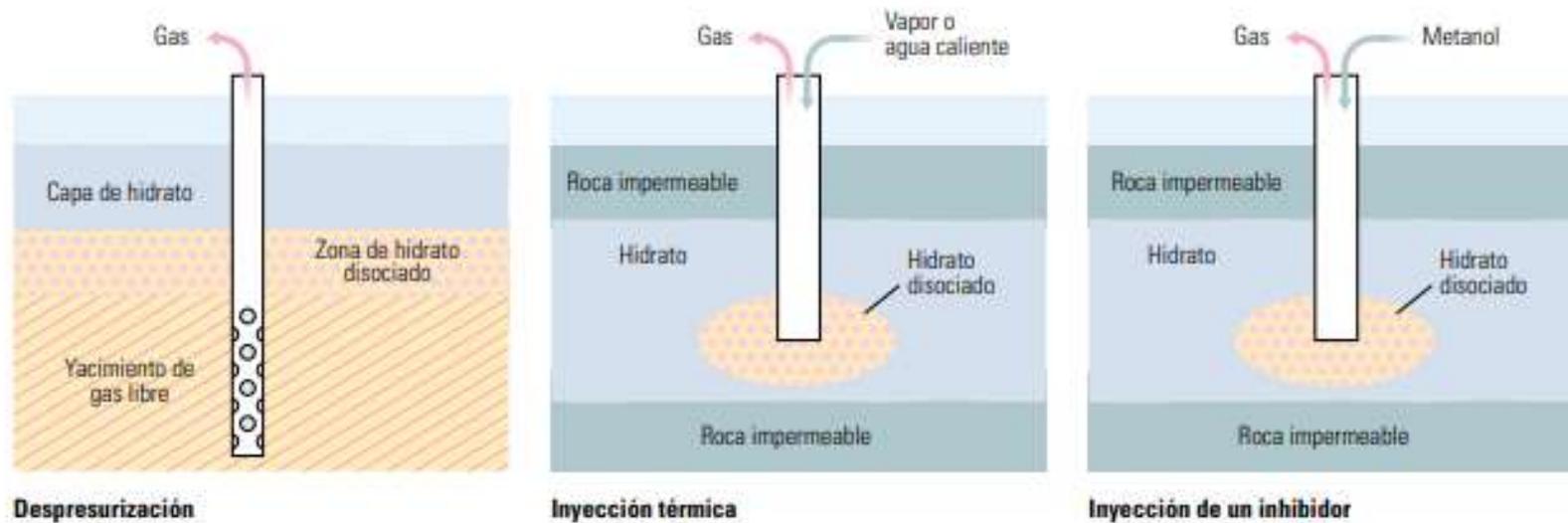
Alaska  
 Groenlandia  
 Suecia  
 Noruega  
 Tíbet  
 Islas del Atlántico Sur  
 Antártida



5 países han realizado exploración y pruebas de producción sobre los HG. No existen proyectos comerciales de explotación de estos yacimientos. Los estudios actuales están orientados a determinar la productividad y el impacto de la liberación masiva del CH<sub>4</sub> por el calentamiento global

# Yacimientos No Convencionales

## Métodos experimentales para la extracción del gas de hidrato:



**Fuente:** El creciente interés en los hidratos de gas. Oilfield Review invierno 2003/2004.

# Yacimientos No Convencionales

## Hidratos de Metano - Riesgos

- La presencia de hidratos puede provocar la subsidencia y compactación del sedimento.
- La disociación de hidratos puede ocasionar deslizamientos en algunos bloques del suelo marino.
- El gas libre atrapado debajo de la zona de hidratos suele estar sobre presionados.
- En aguas profundas, el encuentro de hidratos de gas sólidos formados naturalmente, puede ocasionar un problema de control en el pozo, en particular si grandes cantidades de hidratos entran en el wellbore y se despresurizan.
- Taponamiento por hidratos en ductos de superficie.
- Emisiones de metano descontroladas
- Tecnología de perforación y producción conocidas no se adaptan correctamente a estos reservorios.
- Productividad comercial aun no demostrada.



## *Hidratos De Gas En El Mundo*



^ Presencias conocidas e inferidas de los hidratos de gas.

● Ubicación de los hidratos

**Fuente:** El creciente interés en los hidratos de gas. Oilfield Review invierno 2003/2004.  
Norte América, Central & Sur América, África, Medio Oriente, Asia Pacífica, Eurasia y Europa.

## Pruebas de producción De Hidratos De Gas En El Mundo

**Table 1**

Review of NGH production tests all over the world.

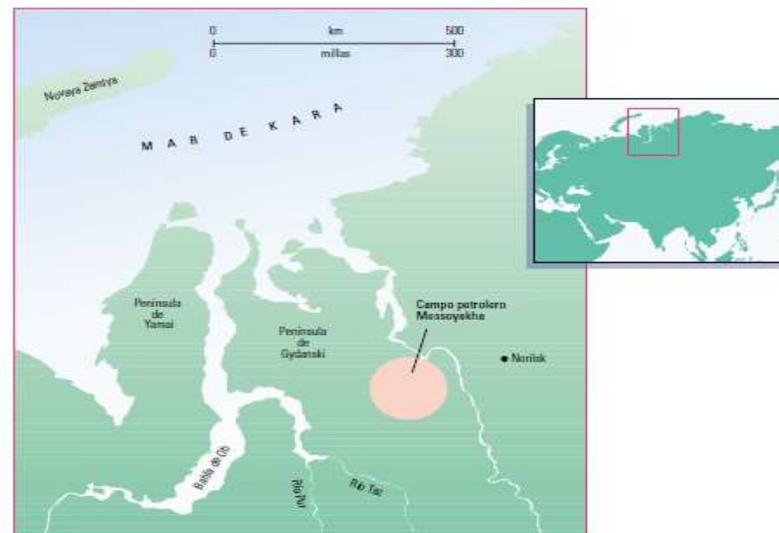
Nation	Canada			United states	Japan		China			
Permafrost/ marine	Permafrost			Permafrost	Marine sediments		Permafrost		Marine sediments	
Year	2002	2007	2008	2012	2013	2017	2011	2016	2017	2020
Test site	Mallik site			Mount elbert	Eastern nankai trough		Qilian mountain		Shenhu area	
Reservoir depth (m)	~900	~1100	~1100	~700	~300	~350	146~305	340~350	203~277	203~277
Reservoir lithology	Sand-dominated			Sand- dominated	Sand-rich reservoirs		Fine-grained sandstone and siltstone		Clay silt layers	
Gas production methods	(2)	(1)+(2)		(1)+(3)	(1)		(1)+(2)	(1)	(1)	(3)
Production period	125 h	12.5 h	6 days	30 days	6 days	12/24 days	101 h	23 days	60 days	30
Total production (ST m <sup>3</sup> )	516	830	$1.3 \times 10^4$	$2.4 \times 10^4$	$11.9 \times 10^4$	$4.1 \times 10^4$ / $22.3 \times 10^4$	95	1078.4	$30.9 \times 10^4$	$86.1 \times 10^4$

Note that (1) Depressurization, (2) Thermal stimulation, (3) CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> gas replacement, and (4) Solid fluidization.

## Proyectos De Hidratos De Gas En El Mundo

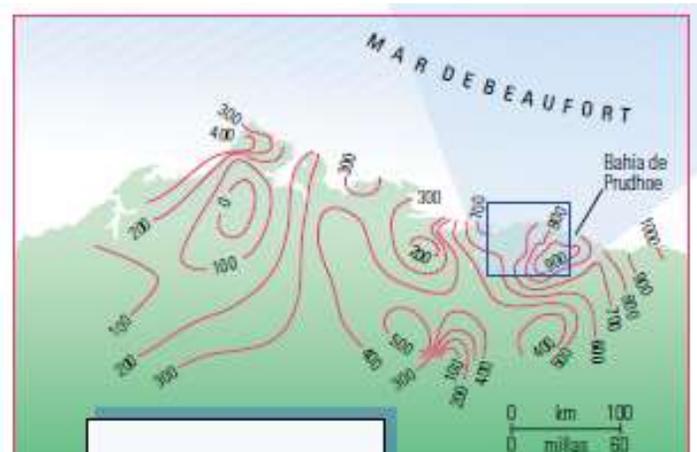
### Messoyakha. Rusia

El campo Messoyakha, descubierto en 1968, fue el primer campo productor en el noroeste de la cuenca siberiana.



**Fuente:** El creciente interés en los hidratos de gas. Oilfield Review invierno 2003/2004.

### Bahía de Prudhoe (Norte de Alaska, 1972)



**Fuente:** El creciente interés en los hidratos de gas. Oilfield Review invierno 2003/2004.

## Proyectos De Hidratos De Gas En El Mundo

**Mallik 2L-38 (Marzo 1998)** (permafrost)  
Canadá (proyecto llevado a cabo por Canadá y  
Japón)

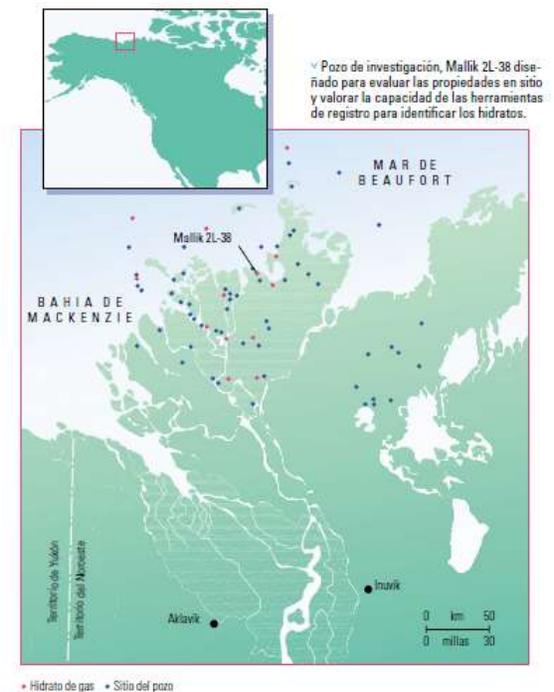
Pozo exploratorio fue evaluar las propiedades  
en sitio de los hidratos y valorar la capacidad de  
las herramientas de perfilaje para identificarlos.

### Segunda Fase (2001-2002)

- Mallik 3L-38 and 4L-38 ( profundidad 1188 m)
- Mallik 5L-38, se completó a una profundidad de 1166 m.

### Tercera Fase (2007 - 2008)

NRCan y la Corporación Nacional de Petróleo, Gas y Metales  
de Japón (JOGMEC; anteriormente JNOC) comenzó a  
planificar la tercera fase de investigación y desarrollo en el  
sitio de Mallik. El objetivo principal de este programa fue  
para realizar una prueba de producción por  
despresurización



# *Proyectos De Hidratos De Gas En El Mundo*

## *Segunda Fase (2001-2002)*

- Mallik 3L-38 and 4L-38 ( profundidad 1188 m)
- Mallik 5L-38, se completó a una profundidad de 1166 m.

## *Tercera Fase (2007 - 2008)*

NRCan y la Corporación Nacional de Petróleo, Gas y Metales de Japón (JOGMEC; anteriormente JNOC) comenzó a planificar la tercera fase de investigación y desarrollo en el sitio de Mallik. El objetivo principal de este programa fue para realizar una prueba de producción de despresurización



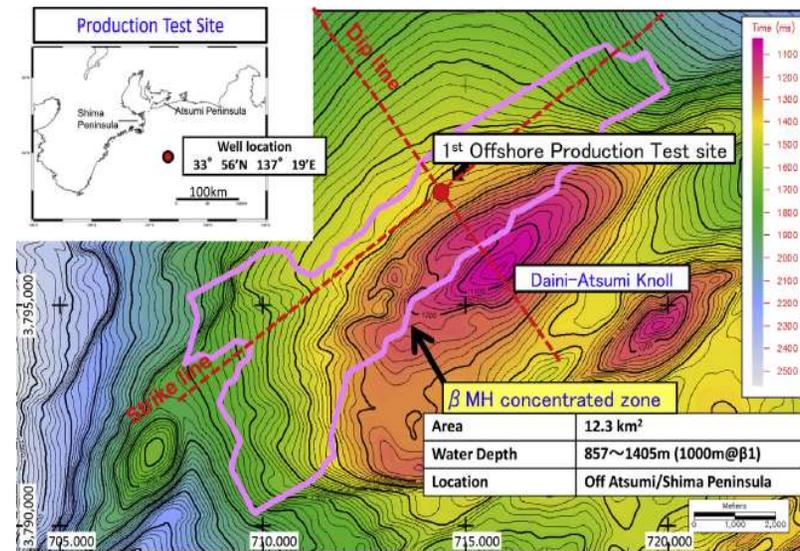
# Proyectos De Hidratos De Gas En El Mundo

## Nankai, Japón (1996 - 2017) Offshore

Desde **1996**, el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) ha estado realizando intensamente estudios exploratorios de hidratos de metano (MH) en el este de Nankai.

Sobre la base de los análisis de los datos de pozo antes mencionados junto con datos de estudios sísmicos 2D/3D adquiridos en **1996, 2001 y 2002**, identificamos más de diez posibles zonas de HG.

**Daini-Astumi** fue seleccionado para ser el sitio de prueba para la primera producción en alta mar, que se realizó entre **2012 y 2013**.

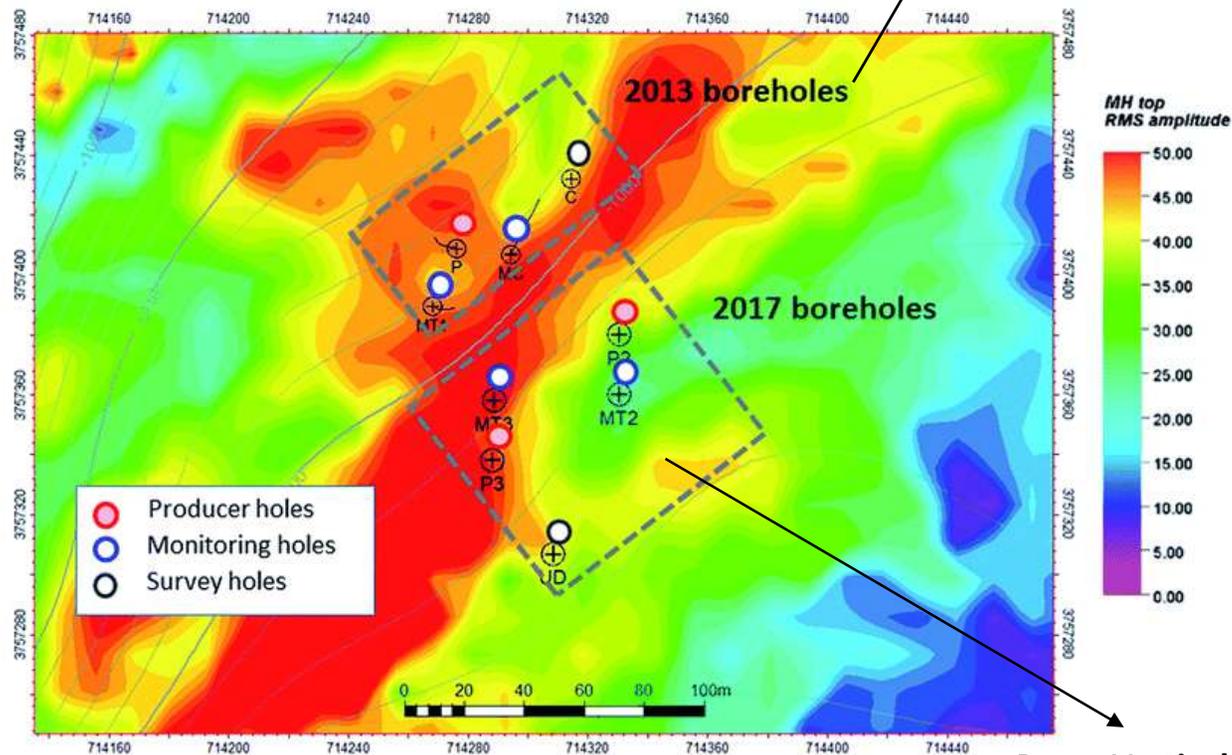


# Proyectos De Hidratos De Gas En El Mundo

## Valle de Nankai, Japón (2013 - 2017) Offshore

Profundidad del Reservorio: 300 a 350 m aproximadamente.

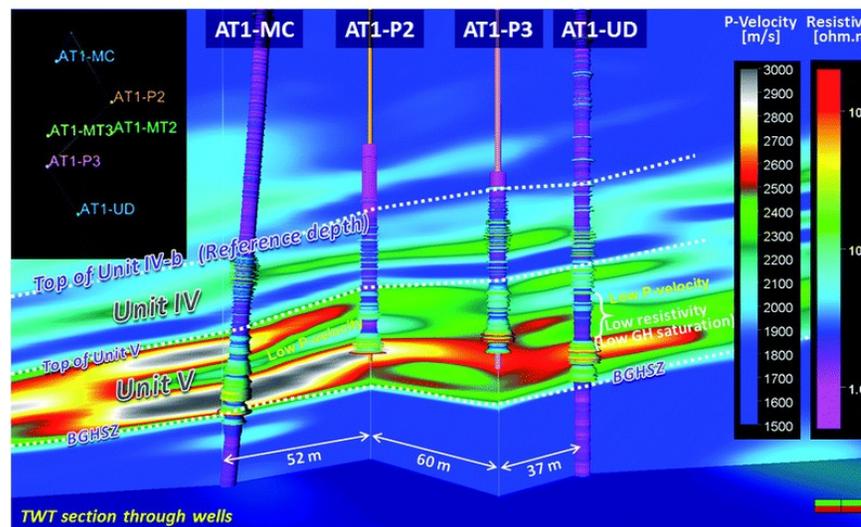
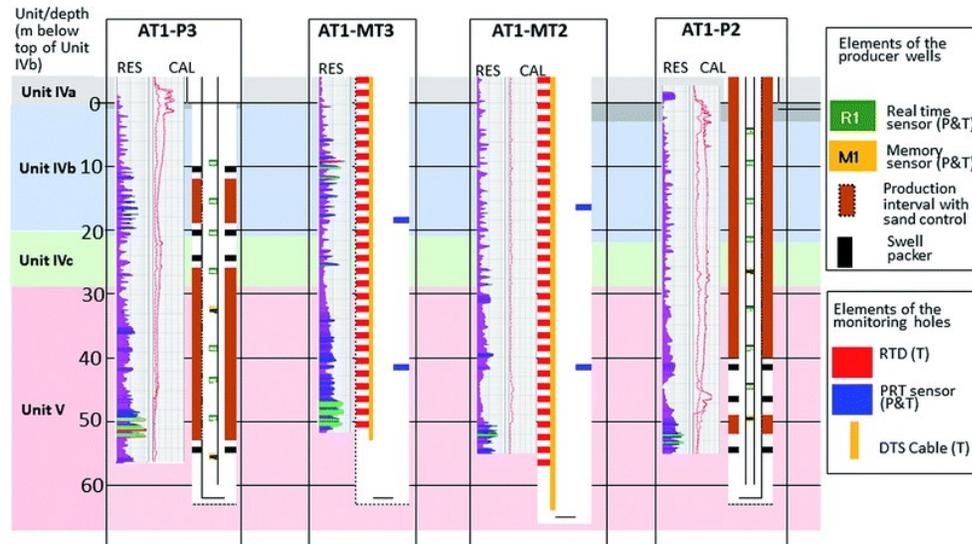
Pozos desviados



Pozos Verticales  
 P2 (h:45 m) 222.500 m3  
 P3 (h: 41m) 41.000 m3

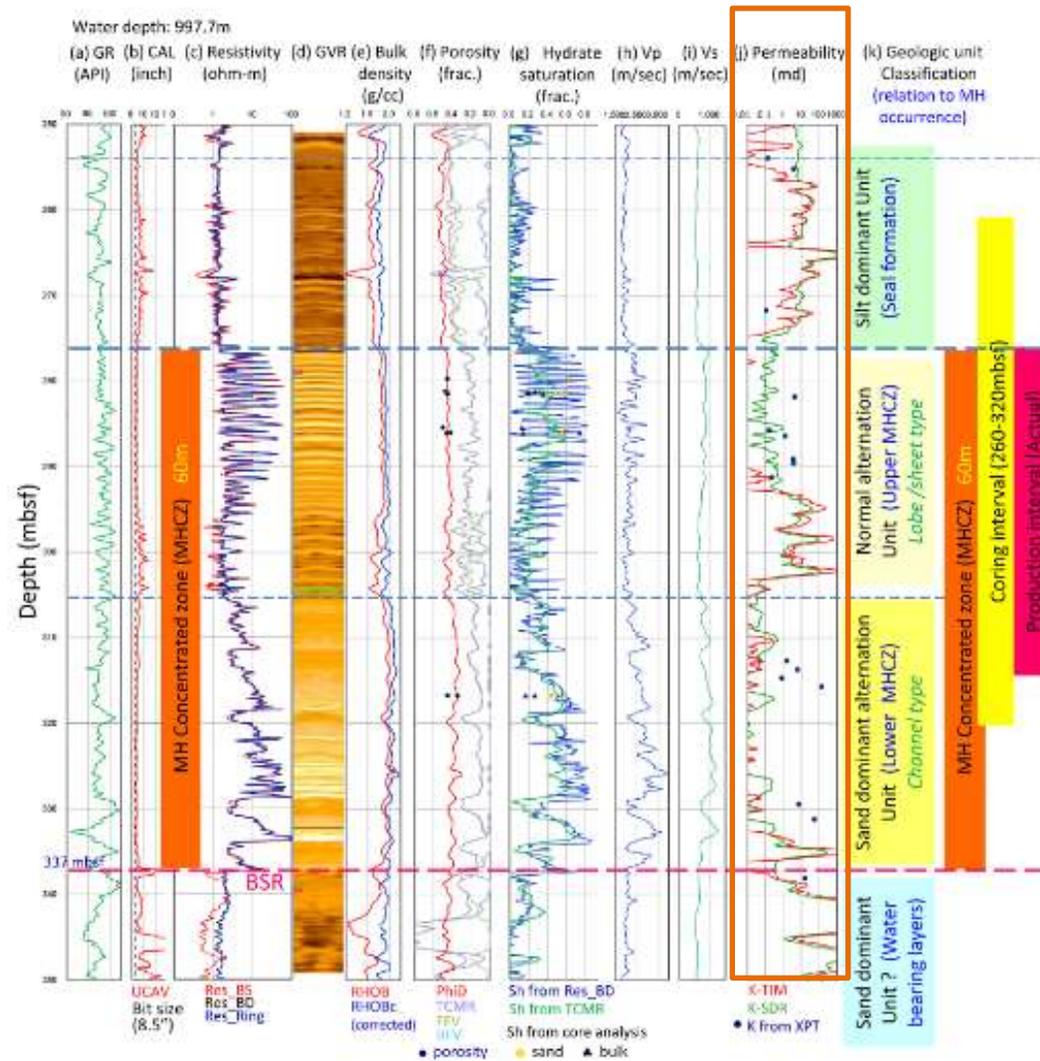
# Nankai

Porosidad: 40 – 50%  
 Permeabilidad  
 0,01 (XPT) a 1 mD (RMN)



**Fuente:** Geological setting and characterization of a methane hydrate reservoir distributed at the first offshore production test site on the Daini-Atsumi Knoll in the eastern Nankai Trough, Japan (2015)

# Nankai



**Fuente:** Geological setting and characterization of a methane hydrate reservoir distributed at the first offshore production test site on the Daini-Atsumi Knoll in the eastern Nankai Trough, Japan (2015)

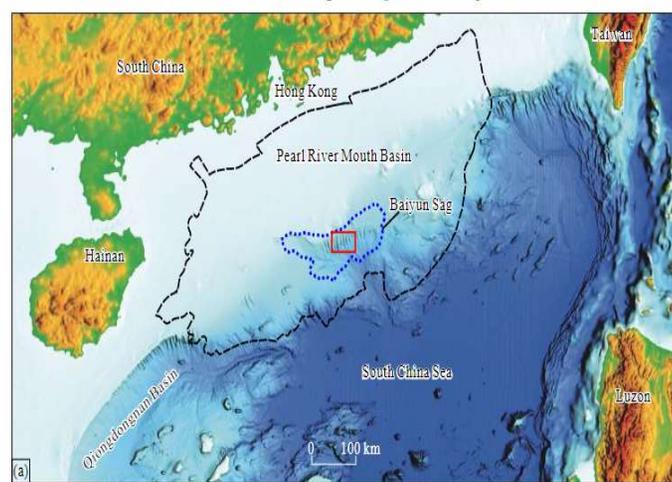
## Proyectos De Hidratos De Gas En El Mundo

### CHINA (Shenhu, Sur)

Primer pozo: En Mayo 2017, China Geological Survey perforó un pozo de prueba costa afuera a una profundidad 1266 m.

Se obtuvo un caudal constante de gas del pozo de prueba de mayo a julio (60 d en total). El volumen total de gas acumulado durante este período alcanzó los 300.000 m<sup>3</sup>, con una media de 5.000 m<sup>3</sup>/d.

Área de Shenhu se convierte así en el primer objetivo de prueba de producción de hidratos de gas en el norte del Mar de China.



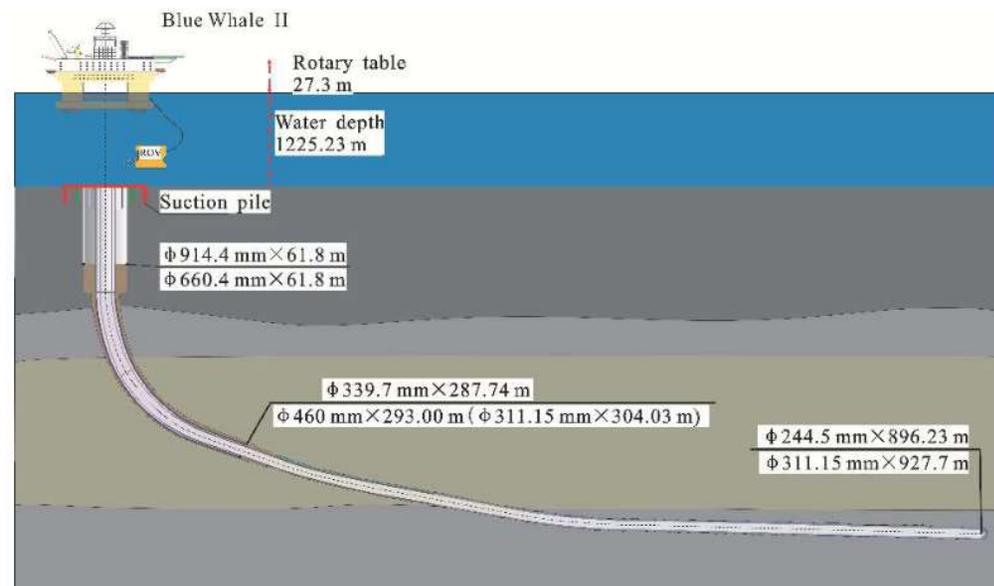
## *Proyectos De Hidratos De Gas En El Mundo*

### **CHINA (Shehnu, Sur)**

Segundo Pozo: Octubre 2019.

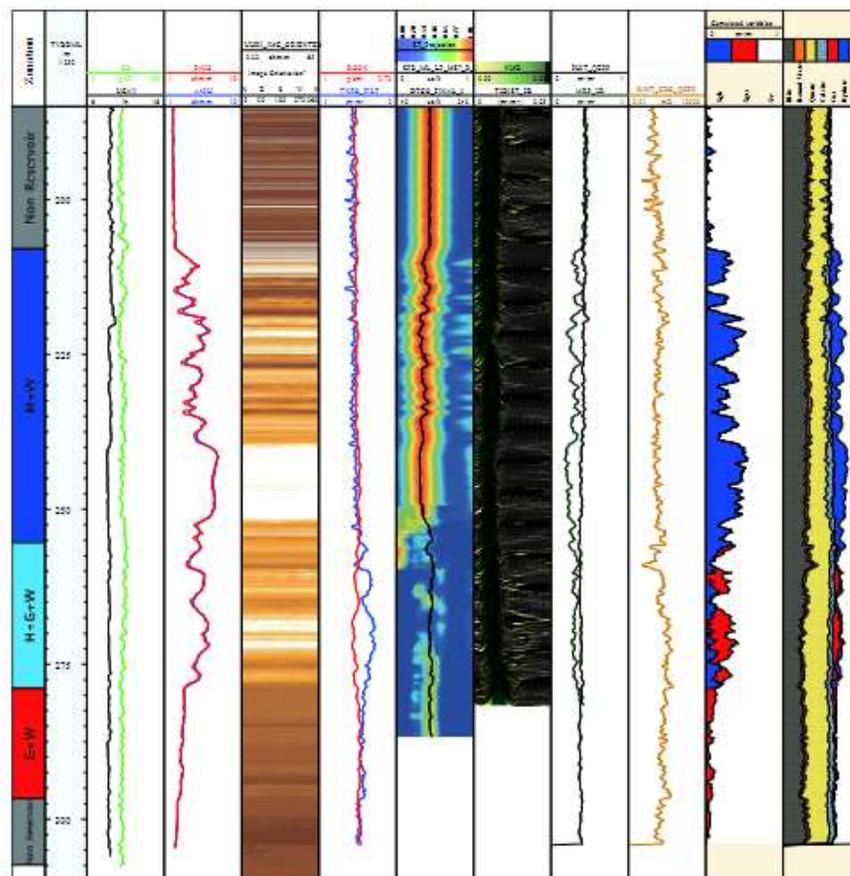
Profundidad total : 1225 m Horizontal.

***Sand Control***



Fuente: The second natural gas hydrate production test in the South China Sea (2020)

# CHINA (Shenhu, Sur)

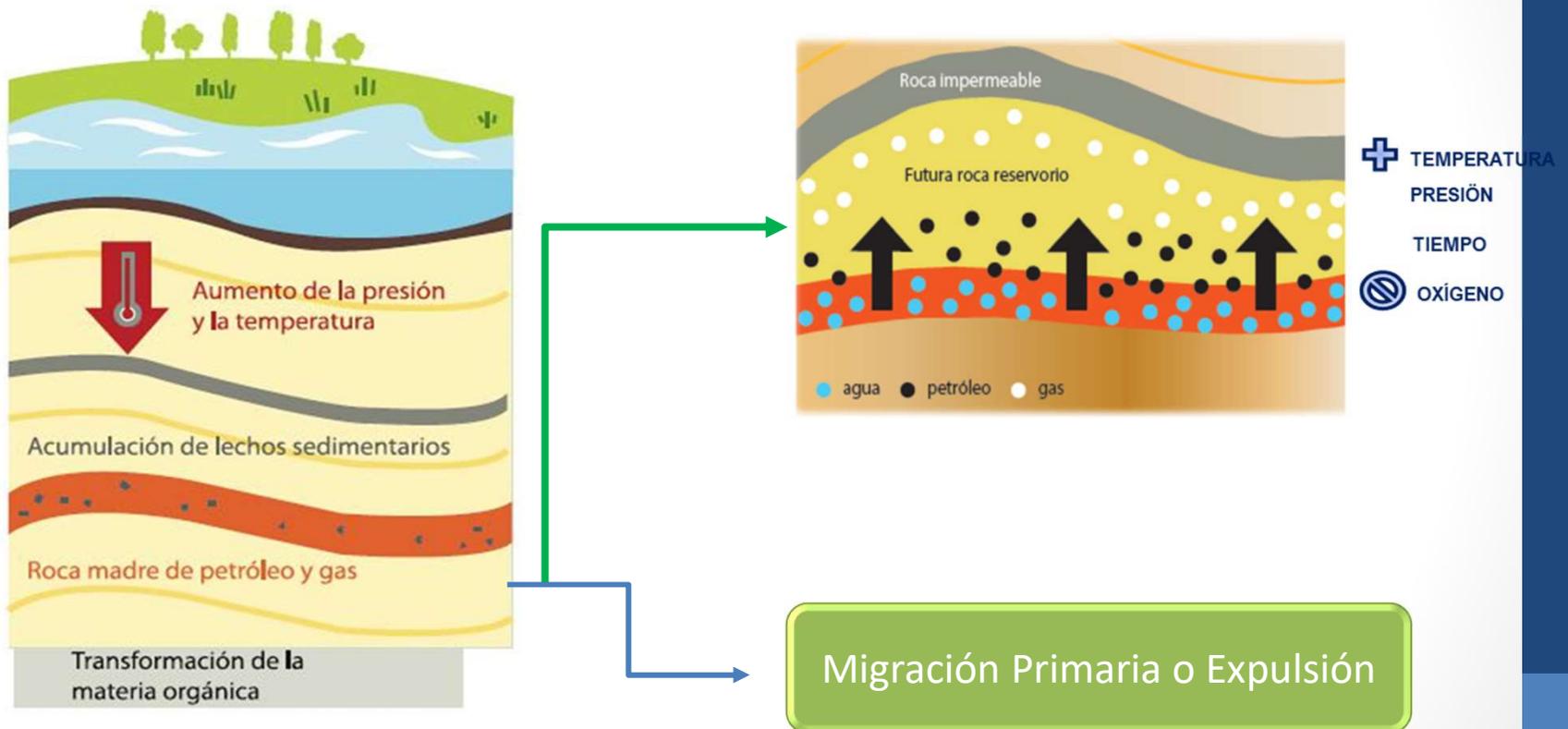


Layer	Depth/(m, bsf)	Thickness/m	Average effective porosity/%	Average saturation/%	Average permeability/mD
NGH layer	207.8–253.4	45.6	37.3	31	2.38
Mixing layer	253.4–278	24.6	34.6	11.7 (for NGH) and 13.2 (for free gas)	6.63
Free gas layer	278–297	19	34.7	7.3	6.8

Fuente: The second natural gas hydrate production test in the South China Sea (2020)

# Yacimientos No Convencionales

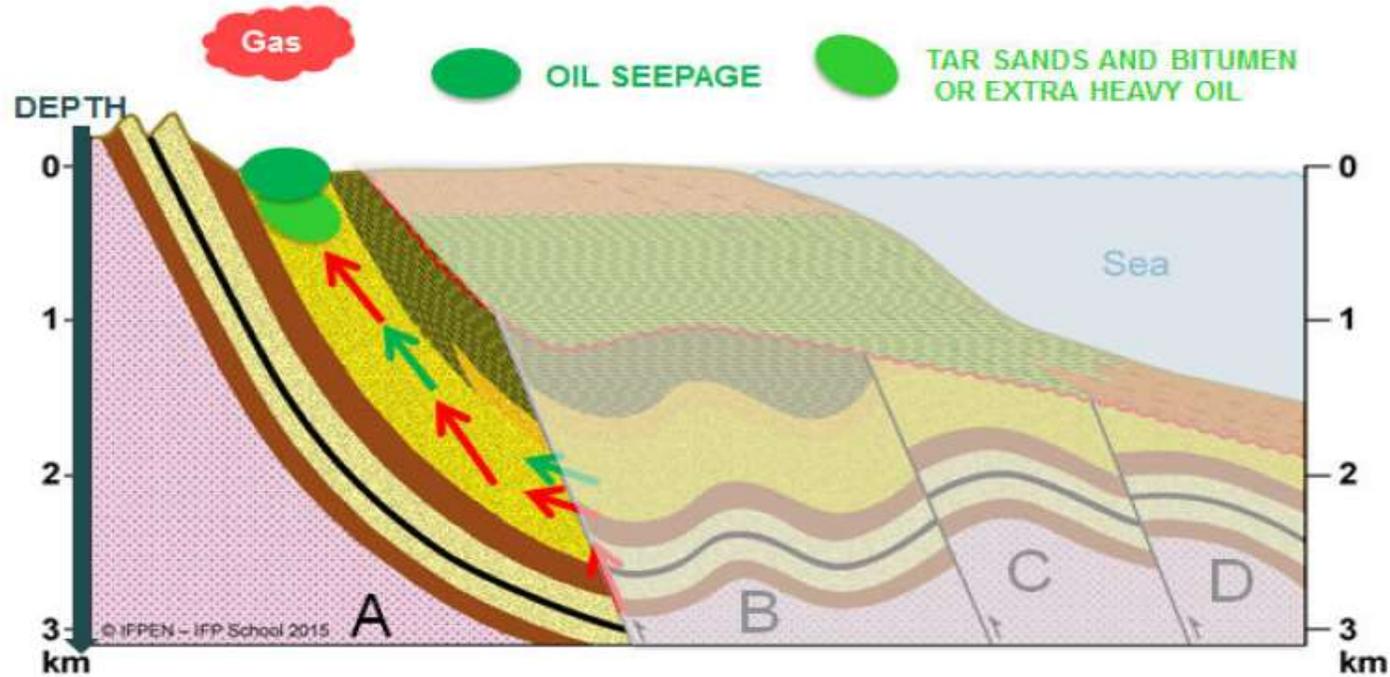
## Crudos Pesados (Heavy Oil)



Fuente: ABC de los Yacimientos No Convencionales (IAPG)

# Yacimientos No Convencionales

## Crudos Pesados (Heavy Oil)



# Yacimientos No Convencionales

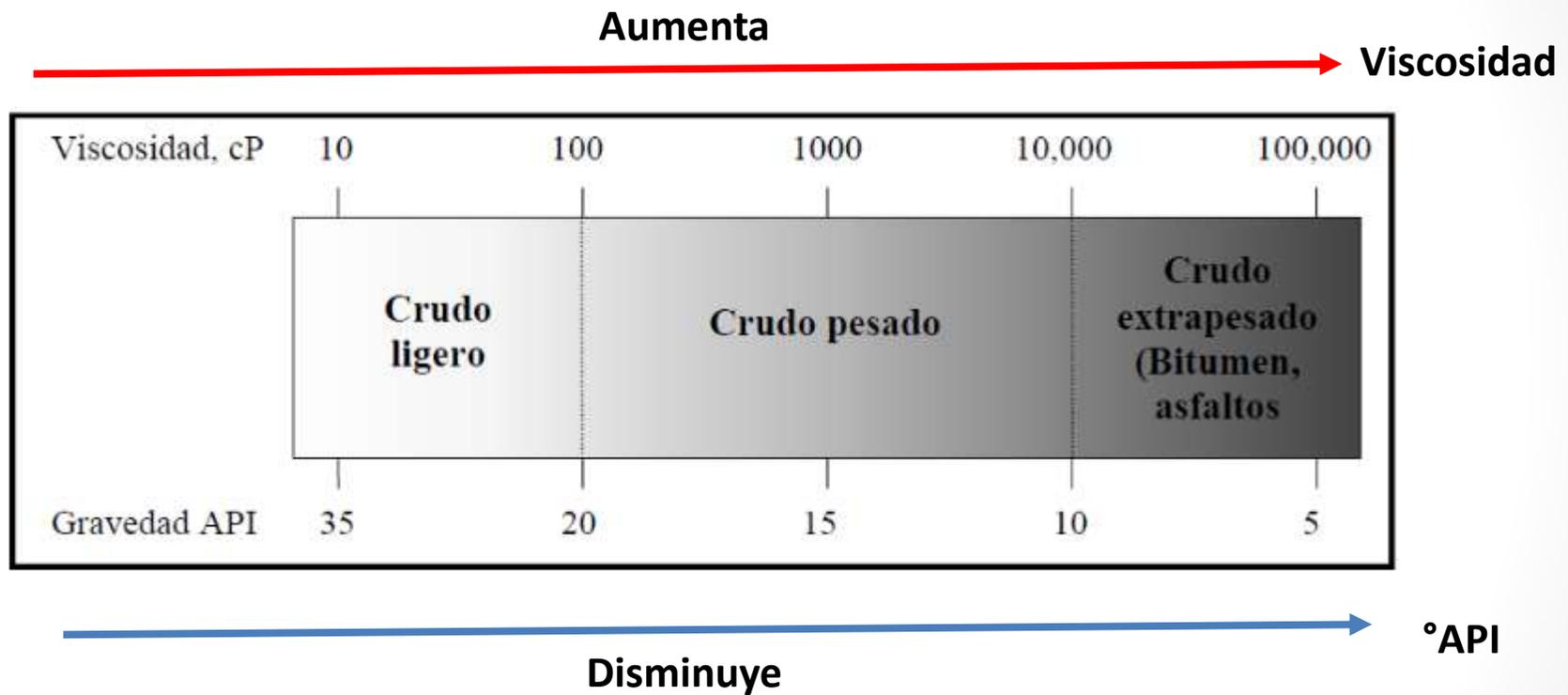
## Crudos Pesados (Heavy Oil)

Las bacterias transportadas por el agua metabolizan los hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos en moléculas más pesadas a través de procesos biológicos, físicos y químico.

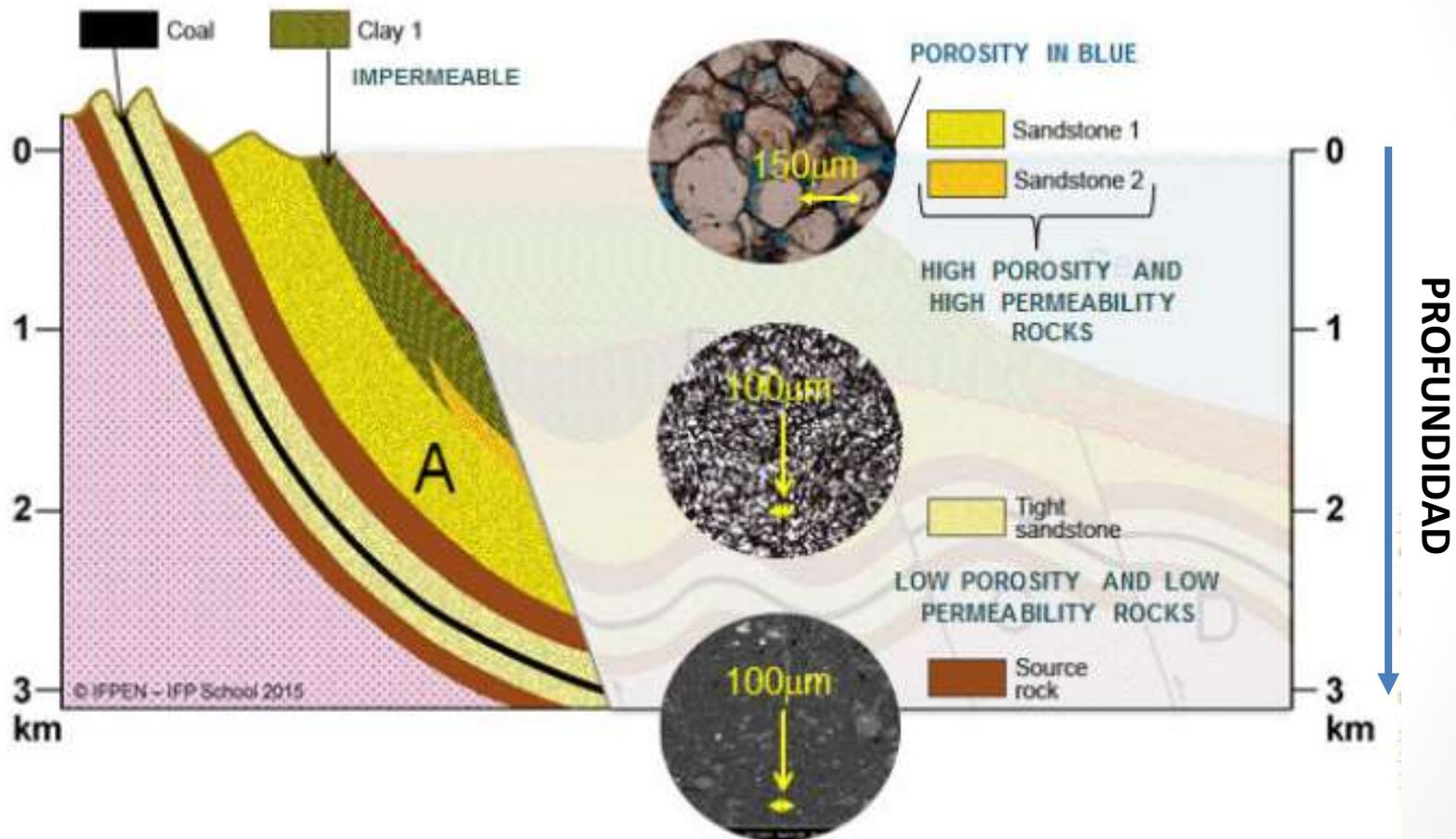
Las aguas de formación también remueven hidrocarburos por solución eliminando los hidrocarburos de menor peso molecular, los cuales son más solubles en agua.

Por volatilización, cuando un sello de pobre calidad permite que las moléculas más livianas se separen y escapen, a través de los poros interconectados.

# Petróleo No Convencionales



# Propiedades físicas (porosidad y permeabilidad)



# Yacimientos No Convencionales

## Crudos Pesados (Heavy Oil)

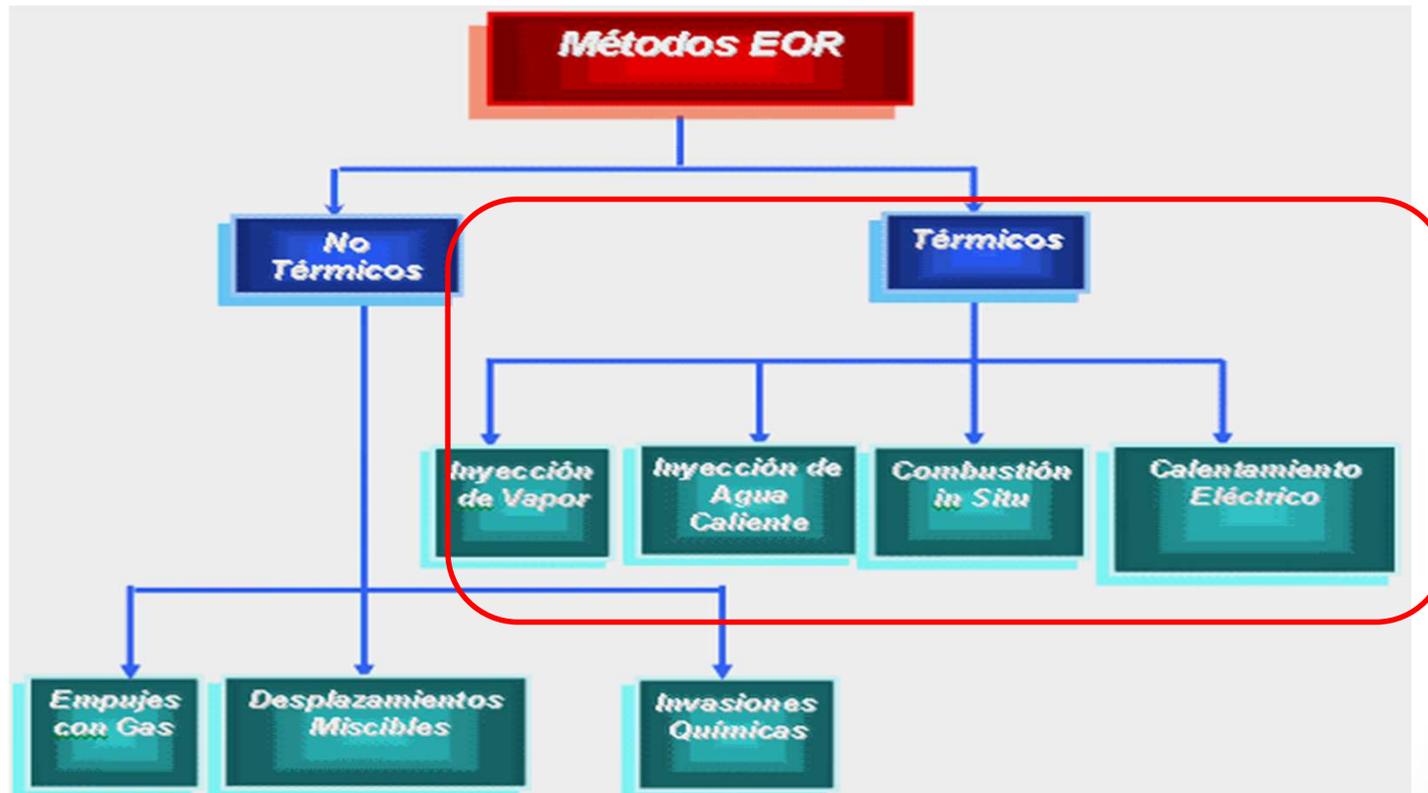
- Crudo liviano o ligero: tiene gravedades API mayores a 31,1 °API
- **Crudo medio o mediano**: tiene gravedades API entre 22,3 y 31,1 °API.
- Crudo pesado: tiene gravedades API entre 10 y 22,3 °API.
- Crudo extra pesado: gravedades API menores a 10 °API.

Crudo	Descripción
Ligero	Fácil transporte y extracción, ideal para refinar en combustibles y derivados.
Mediano	Fácil transporte y extracción, ideal para combustibles y derivados.
Pesado	Fácil transporte y difícil extracción, ideal para combustibles y derivados.
Extrapesados	Difícil transporte y difícil extracción, ideal para derivados.



# Yacimientos No Convencionales

## Crudos Pesados (Heavy Oil)

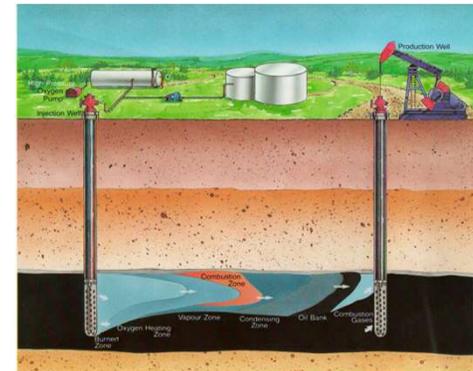


# Yacimientos No Convencionales

## Crudos Pesados (Heavy Oil)

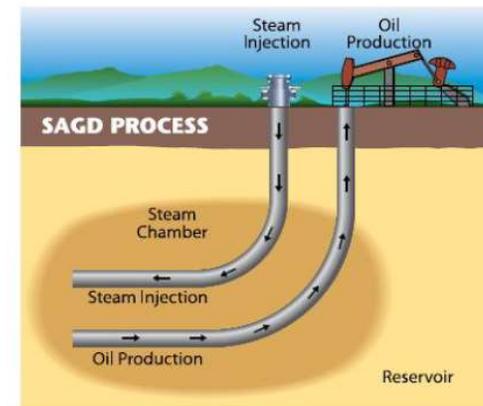
### ■ Métodos de Producción en Frío

- ✓ Minería.
- ✓ CHOPS (Cold Heavy Oil Production whit Sand).
- ✓ Vapex ( Solventes miscibles gaseosos Etano, propano, CO2, etc).
- ✓ Inyección de Diluentes.
- ✓ Inyección de Agua.
- ✓ Bacterias.
- ✓ Entre otros.



### ■ Métodos Térmicos

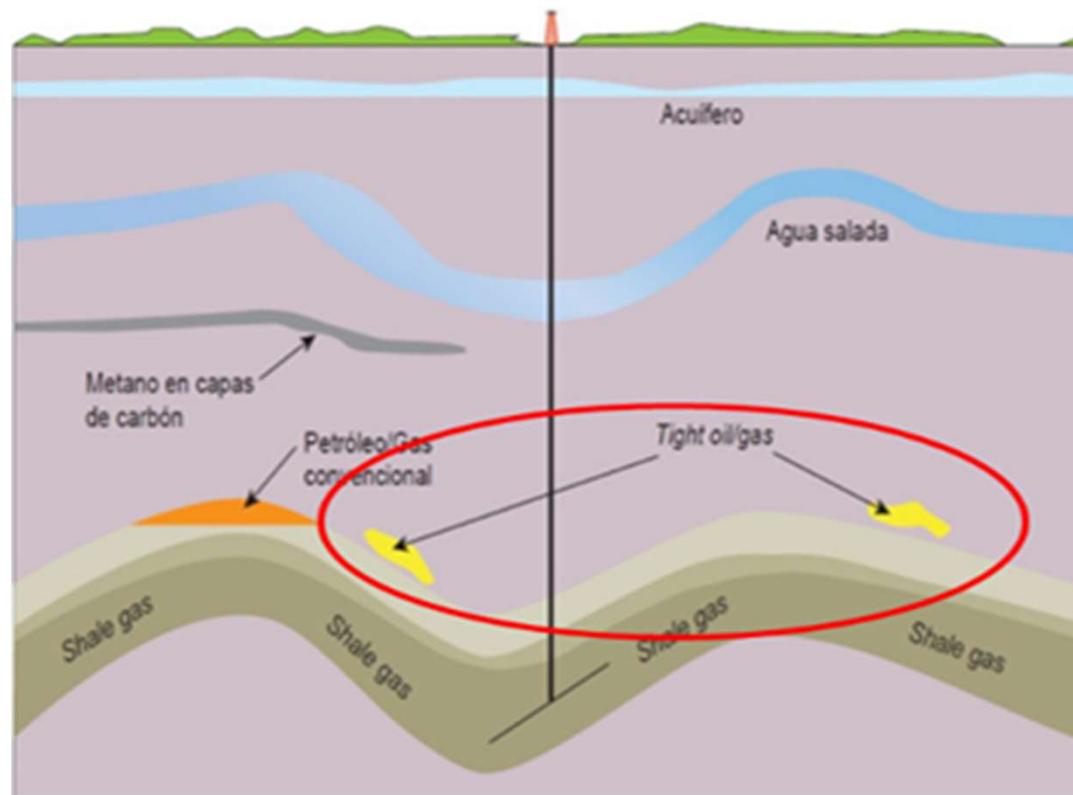
- ✓ El desplazamiento por vapor de agua ó Agua Caliente.
- ✓ Drenaje Gravitacional Asistido por Vapor (SAGD).
- ✓ Estimulación Cíclica y/o Continua por vapor de agua (CSS).
- ✓ Combustión in Situ.
- ✓ Entre otras.



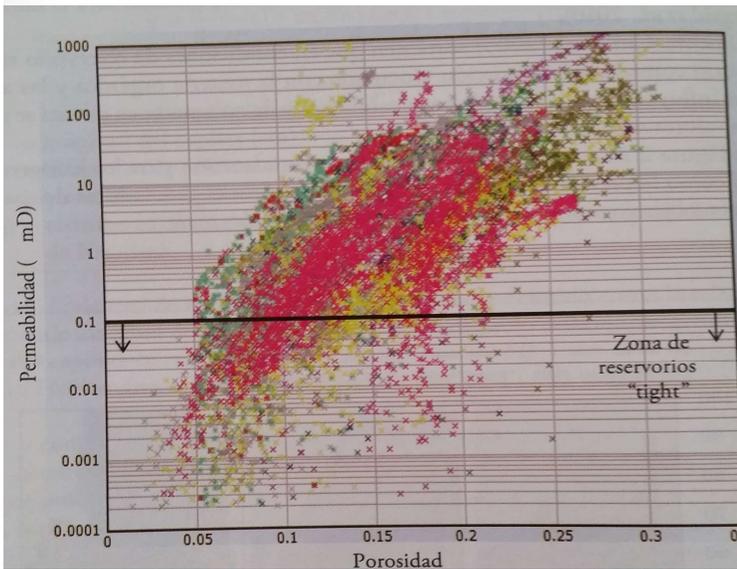
# Yacimientos No Convencionales

## Tight (compactados)

Son aquellos reservorios principalmente de areniscas, donde la roca tiene menos de 0,1 mD de permeabilidad y porosidades primarias menores al 10%.

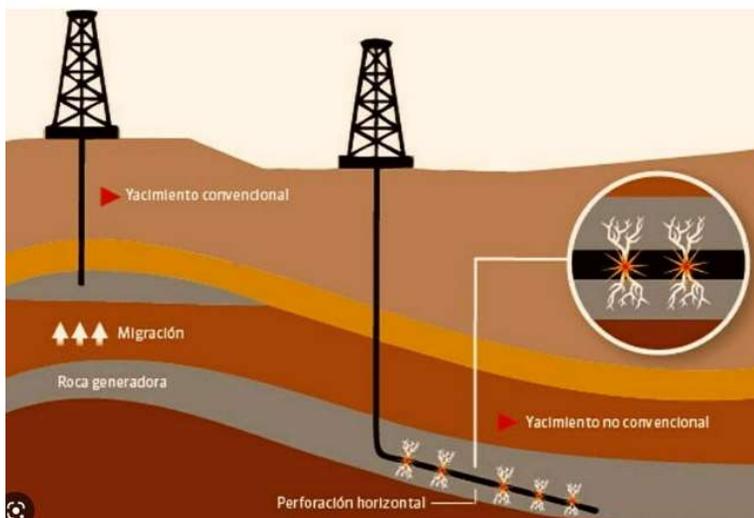


# Yacimientos No Convencionales: Tight



## Reservorio Tight:

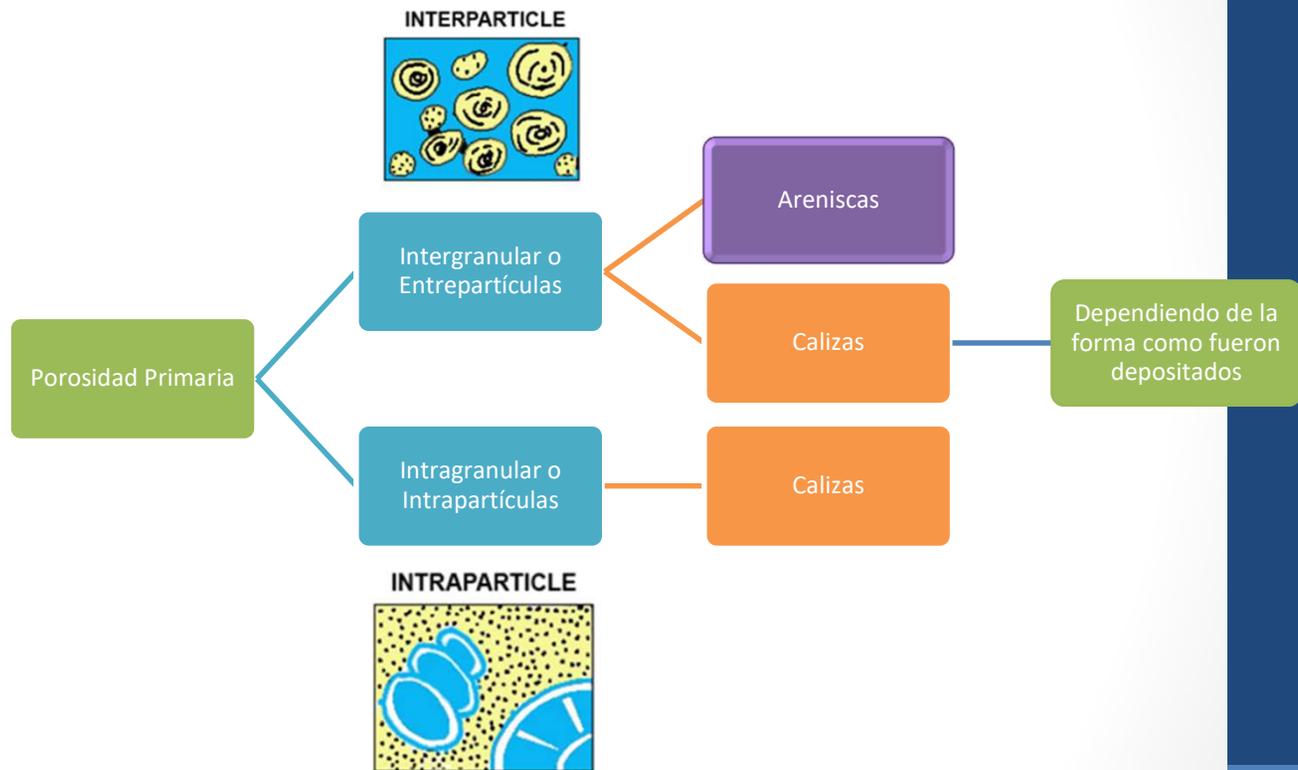
- 1) Todo aquel reservorio de gas o petróleo cuya permeabilidad promedio estimada sea menor a 0.1 md
- 2) solamente se pueden producir a caudales comerciales a través de la estimulación hidráulica.
- 3) Por lo general no tienen hay contactos Gas-Agua o Petróleo-Agua



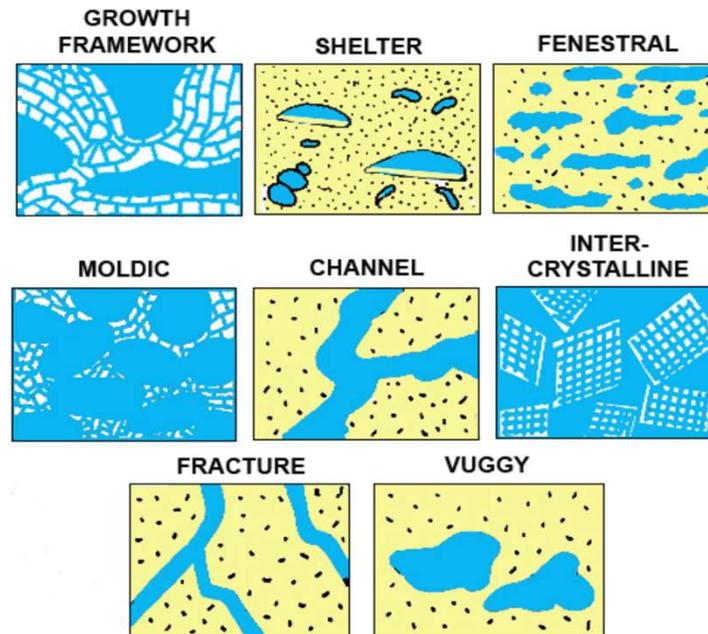
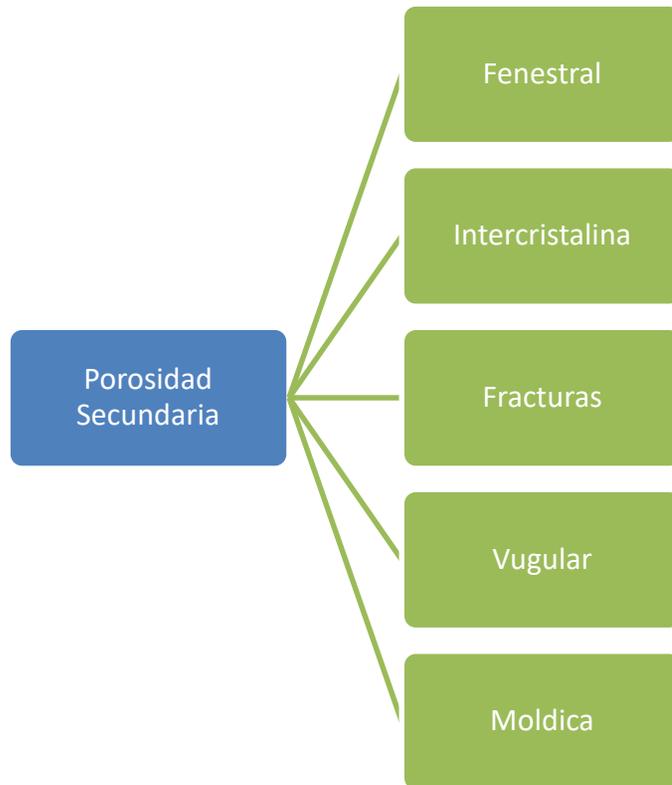
# Tight: Porosidad y Permeabilidad

		Tamaño	mm
			↑
PSEFITAS	Aglomerado		1024
			512
	Grava	Gruesa	128
		Mediana	32
		Fina	8
	Sábulo		4
			2
PSAMITAS	Arena	Muy Gruesa	1
		Gruesa	0,5
		Mediana	0,25
		Fina	0,125
		Muy Fina	0,062
		Grueso	0,031
ELITAS	Limo	Fino	0,015
			0,0078
	Arcilla		0,0039
			0,0020

post.geoxnet.com



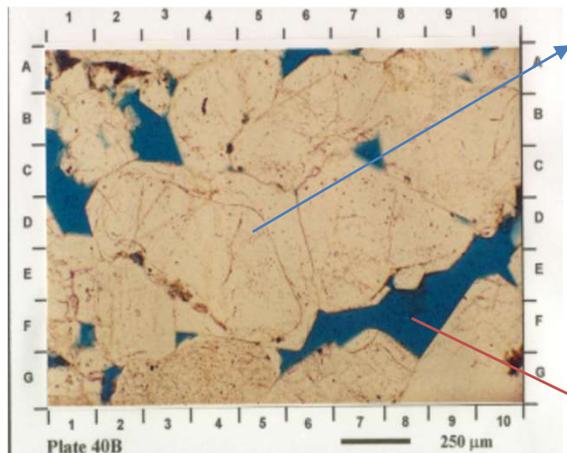
# Tight: Porosidad y Permeabilidad



After Choquette & Pray, 1970

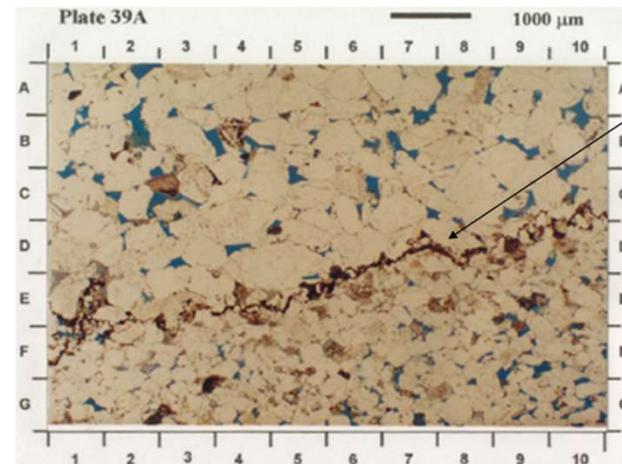
## Tight: Porosidad y Permeabilidad

- Fábrica depositacional (margas, mudstones, wackestones, pelitas, areniscas limosas, dolomitas microcristalinas).
- Procesos diagenéticos (autigénesis, recristalización, cementación, compactación).



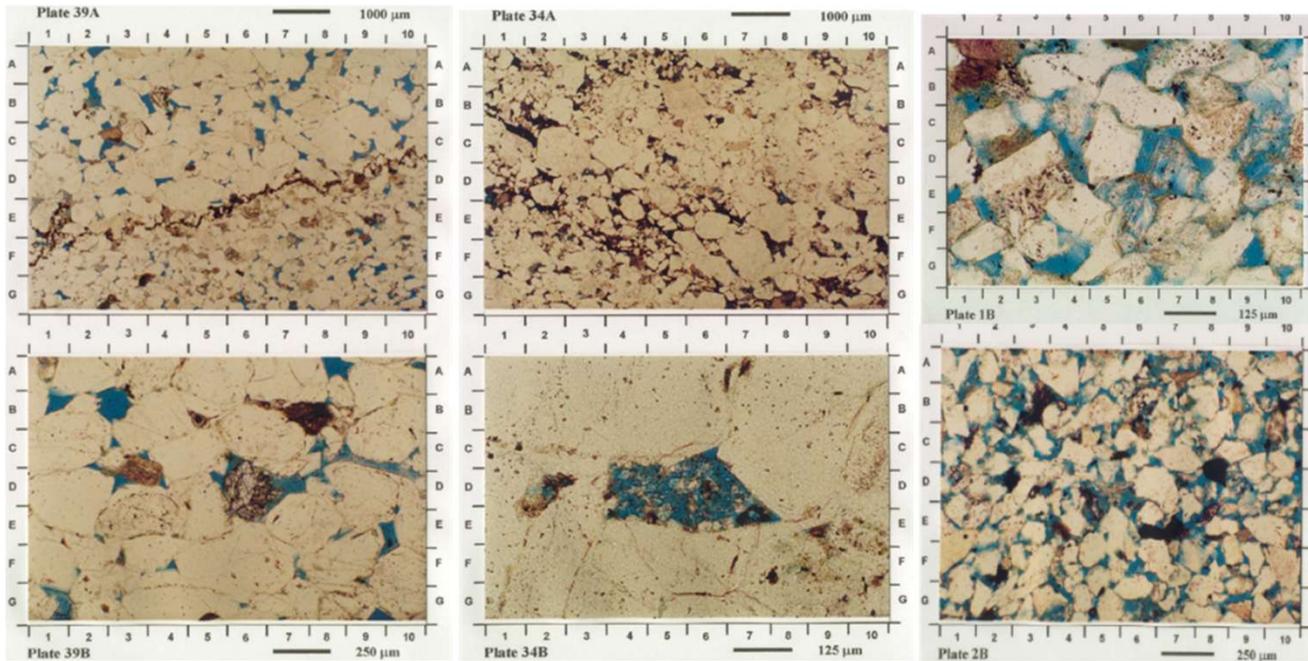
Sobrecrecimiento  
del cuarzo

Poros



Estilolitas

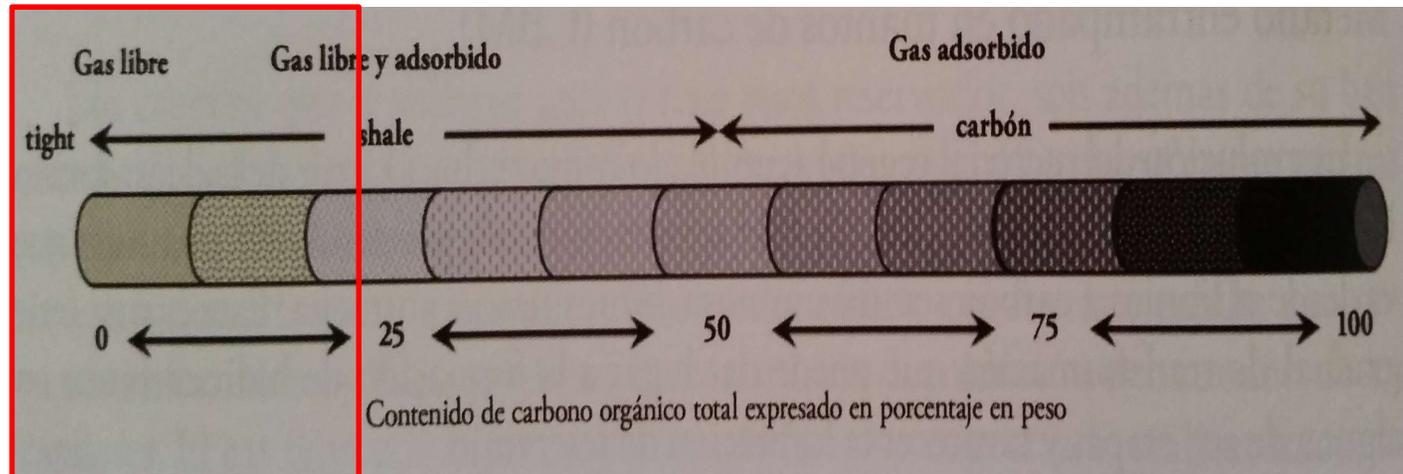
# Comparación de Reservorios Tight Vs Convencional



Reservorio Compactado (Tight)

Reservorio Convencional (Areniscas)

# Reservorios Tight Gas



Distribución de Hidrocarburos en distintos reservorios (modificado por Weatherford 2011)

# Reservorios Tight

En Argentina se cuenta con distintas unidades que son objetivos como reservorio tipo tight, a saber:

Cuenca Cretácica (NOA)	Cuenca Cuyana	Cuenca Neuquina	Cuenca Golfo San Jorge	Cuenca Austral
<ul style="list-style-type: none"><li>• Formación Yacoraite.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formación Protrerillos.</li><li>• Formación Río Blanco</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los Molles.</li><li>• Punta Rosada.</li><li>• Lajas.</li><li>• Mulichinco.</li><li>• Sierras Blancas</li><li>• Grupo Precuyo</li><li>• Basamento</li><li>• Lotena</li><li>• Tordillo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formación Pozo D-129.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Serie Tobífera.</li></ul>

**Las unidades correspondientes a la cuenca Neuquina se encuentran en producción desde hace más de 40 años.**

# **Actividad:** Catalogo de los reservorios tight en la cuenca Neuquina

## TABLA COMPARATIVA

	YACIMIENTO 1	YACIMIENTO 2	YACIMIENTO 3	YACIMIENTO 4	YACIMIENTO 5
Profundidad promedio (mbbp)					
Porosidad promedio (%)					
Permeabilidad (mD)					
Formación productiva					
Tipo de roca/litología					
SW promedio (%)					
Espesor útil promedio (m)					
Produccion 2009 (m3/año)					
Produccion 2022(m3/año)					
Potencial: Fm Objetivo / Justificar					

## FUENTE DE DATOS DE LA PRODUCCION

<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/planeamiento-energetico/panel-de-indicadores/superset-prod-gas-conv-y-no-conv>

## POTENCIAL

<http://hidrocarburos.energianequen.gov.ar/storage/uploads/0cE4Ovwf4DENr9QBhdKNPt7PXfxAljetE02B9tw2.pdf>

## COMPARAR RENDIMIENTOS UNITARIOS DE LOS TIGHT y HM

Rendimiento de los HM

160 a 170 m3 de gas/m3 de HG

Rendimiento 1 m3 de reservorio

Tight Gas

## COMPARAR CADALES y VIDA MEDIA DE LOS TIGHT y HM

<http://datos.energia.gob.ar/dataset/produccion-de-petroleo-y-gas-por-pozo/archivo/b5b58cdc-9e07-41f9-b392-fb9ec68b0725>

## Preguntas:

1) ¿Por que los IG no se estan desarrollando en forma comercial?

2) Luego de comparar los rendimientos unitarios entre IG y Tight

¿Cuál es mayor? Mencionar las principales razones de esta diferencia

3) Luego de comparar caudales y vida media productiva entre IG y

Tight, ¿ Que conclusiones se pueden sacar?