

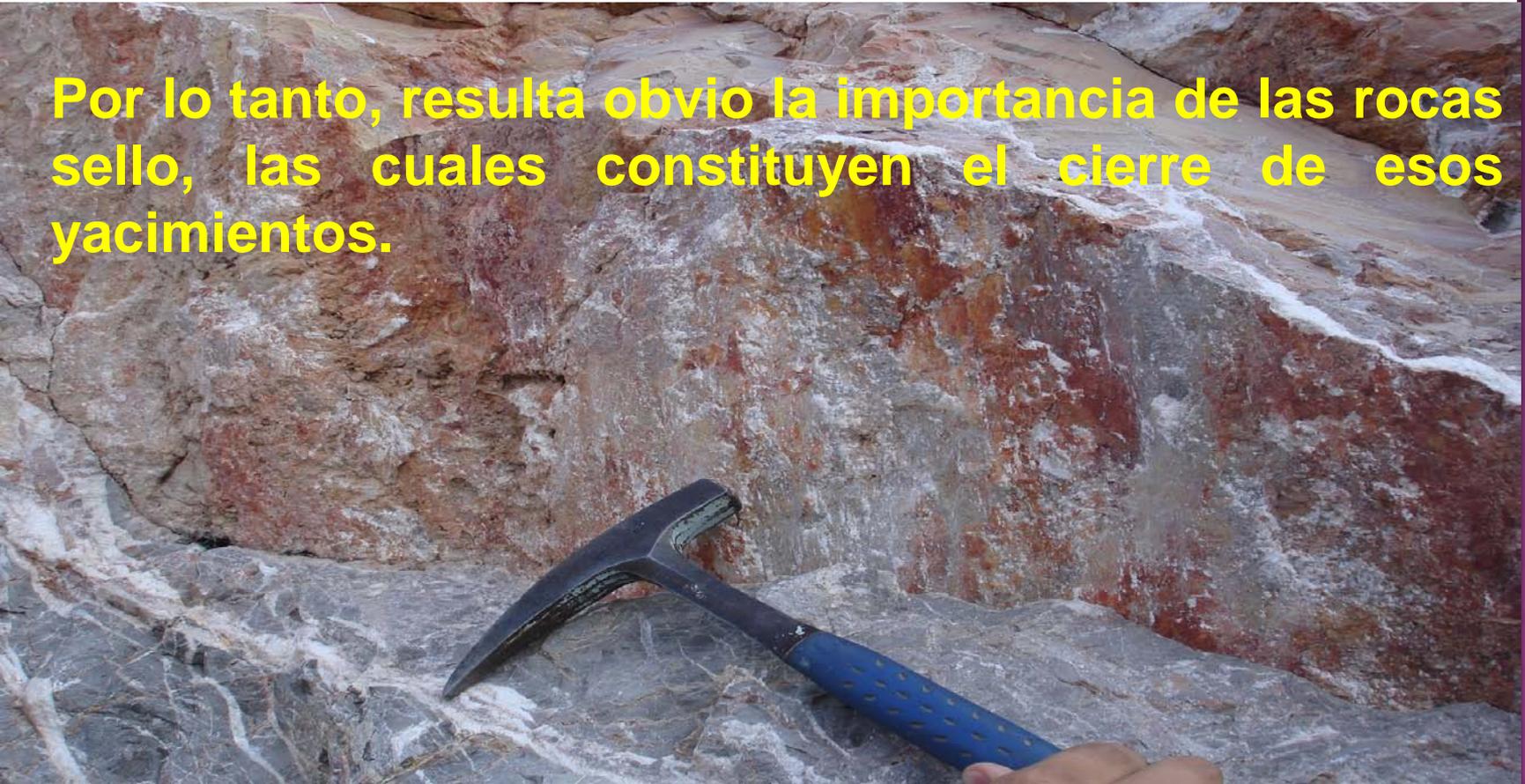


ROCAS SELLO

ROCA SELLO

Para que los hidrocarburos puedan quedar confinados en las rocas almacenadoras, es necesario que las paredes del depósito estén selladas de manera efectiva.

Por lo tanto, resulta obvio la importancia de las rocas sello, las cuales constituyen el cierre de esos yacimientos.



DEFINICIÓN

- Son rocas sello **aquellas que por su escasa permeabilidad o por contener poros de tamaño subcapilar, no permiten el paso de un fluido, sirviendo como cierre a su migración o desplazamiento.**



Para que una roca sea considerada desde el punto de vista práctico, como impermeable, esta **no debe poseer fracturas interconectadas.**

Debido a que los yacimientos petroleros aparecen normalmente tectonizados en mayor o menor grado,



Respondiendo a los esfuerzos, las rocas sello que se deforman en el campo dúctil forman pliegues en lugar de fracturas.

Si las fracturas ocurren se abrirán las vías a la migración del petróleo.

Las mejores condiciones para la preservación de los sellos se tienen en las regiones con una historia geológica simple, ya que en áreas muy deformadas, los sellos se destruyen frecuentemente.

Los principales campos gasíferos del mundo se encuentran en áreas cratónicas.





Fig. 2-9 Map of world showing location of shields and areas where very old (Precambrian age) rocks occur on the surface in black

Un cratón es una masa continental rígida muy antigua geológicamente, que no ha sufrido fragmentación o deformación, por movimientos orogénicos.

Por tal motivo los cratones tienden a ser llanos, o presentan relieves bajos con formas redondeadas y de rocas frecuentemente arcaicas. A los *cratones* submarinos se les llama nesocratones.

Roca sello de espesor es muy variable:

Muy reducido, si tiene excelente calidad.

Mediano o grueso, si es de calidad mediana o mala.

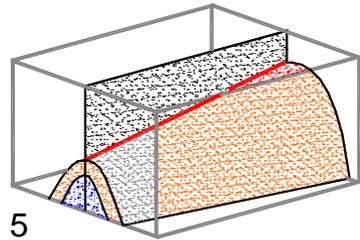
El grado de tectonismo que presenta puede modificar su calidad, de tal forma que en regiones muy tectonizadas se requiere un espesor de roca sello mayor.

En el caso de una roca sello de gran extensión geográfica, **es importante conocer la forma y el tamaño de los poros, el contenido de fluidos y régimen hidrodinámico;** rasgos que pueden ser estudiados localmente, pero cuyos datos son difíciles de extrapolar a toda la extensión de un campo petrolero.



En el caso de una **trampa anticlinal buzante simple**, se tiene la ventaja de que en la mayoría de los casos **la roca sello no presenta variación lateral significativa** en sus características físicas, por lo tanto, requiere únicamente de un sello superior.

PLANO DE CHARNELA (AXIAL)	LÍNEA DE CHARNELA		
	HORIZONTAL	INCLINADO	VERTICAL
VERTICAL	Horizontal normal	Buzante normal	Vertical
INCLINADO	Horizontal Inclinado	Buzante inclinado	
HORIZONTAL	Recumbente		



En cambio, las estructuras afalladas necesitan además un sello adyacente al plano de falla que generalmente es material arcilloso llamado milonita o microbrecha.



En el caso de las trampas por variación de permeabilidad, la geometría del sello es muy variable, sin embargo, en la mayoría de los casos rodean y cubren a la roca almacenadora.

ROCAS SELLO



Formación Tamán.



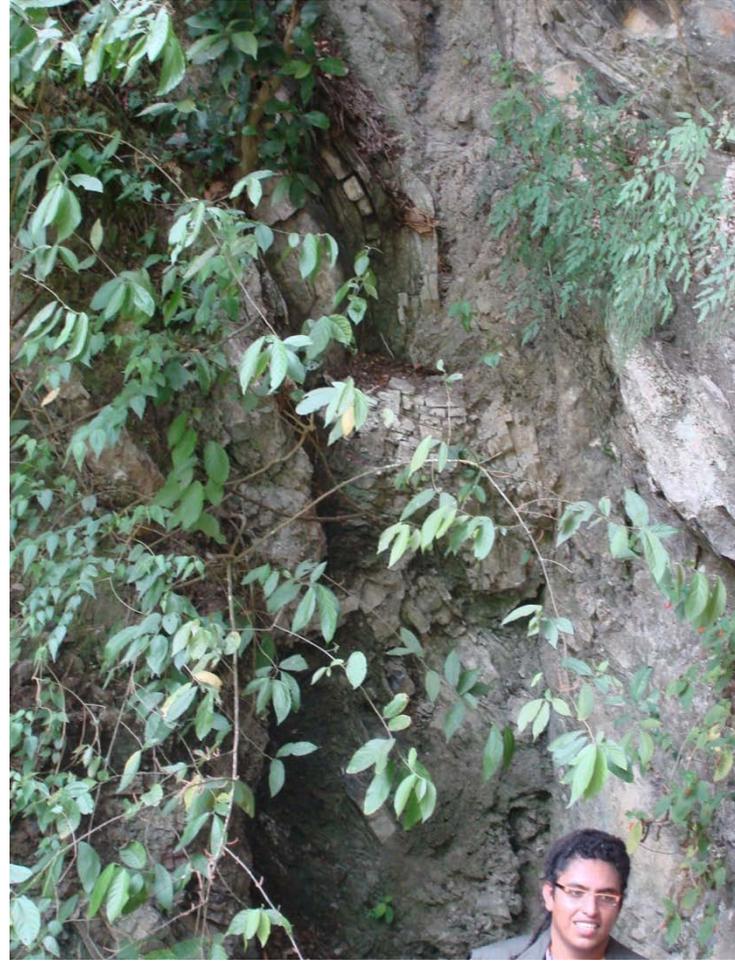
ROCA SELLO





*Rocas sello:
Formación
Tamaulipas
Inferior*

ROCA SELLO (MICROBRECHAS)



Rocas Sello

La presencia de las rocas sello determina la extensión geográfica del Sistema Petrolero.

La migración está confinada a la presencia de superficies sellantes (impermeables).

ROCAS SELLO

Sellos capilares

Fallas sello

Sellos de Presión

Roca Sello

El sello con la roca almacén, son un elemento crítico de la trampa. Son litologías impermeables:

- * Hidratos de gas
- * Sal y anhidrita (evaporitas)
- * Lutitas
- * Carbonatos compactos
- * Limolitas y areniscas bien cementadas

- ▶ La capacidad del sello (presión de entrada) controla la cantidad de aceite que puede ser atrapado.
- ▶ Una roca sello debe tener una presión capilar de entrada suficientemente alta para detener la fuga de los aceites.
- ▶ Algunos sellos son solo de carácter local pero otros son regionales y se erigen en el “techo” para la migración a nivel de una cuenca.



Siempre que dos o más fluidos coexistan en un sistema de tubos capilares, la combinación de la tensión superficial y la curvatura debida a los tubos capilares hace que las dos fases experimenten diferentes presiones.

La diferencia entre las presiones de dos fases cualesquiera se define como presión capilar.

HIDRATOS DE METANO

LOS HIDRATOS DE METANO SE ENCUENTRAN EN DIVERSAS FORMAS:



Capas

Vetillas



Cementante

Nódulos

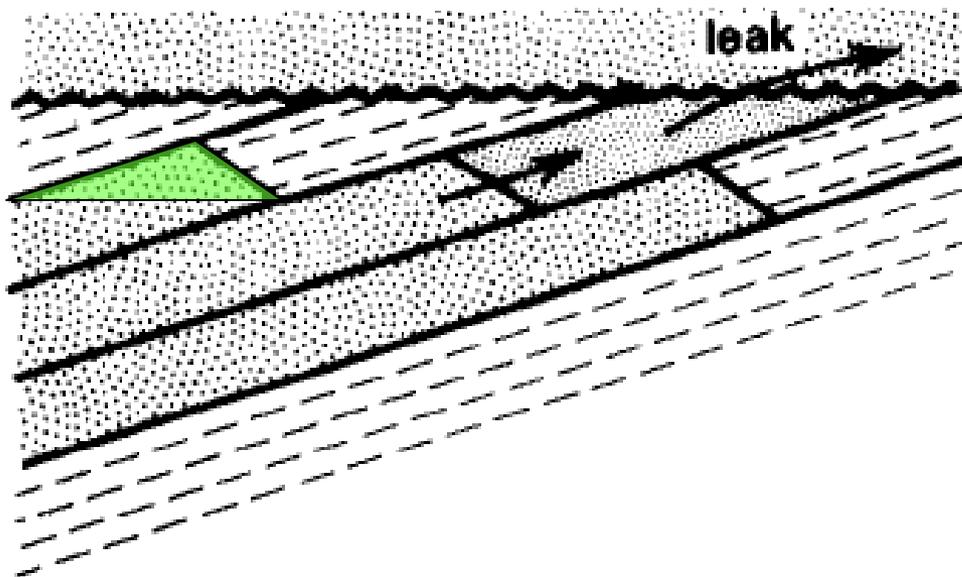
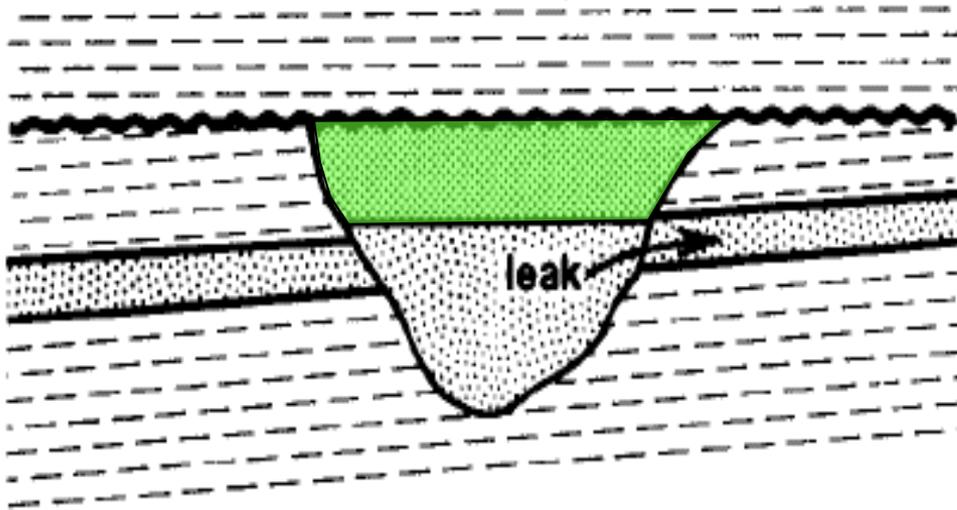
Los hidratos de metano se encuentran en los espacios del poro de los sedimentos y puede formar cementos, nodos o capas.

Sellos

Si un sello no es efectivo los hidrocarburos migrarán fuera del yacimiento y, tarde o temprano, la trampa quedará vacía o con volúmenes no comerciales.

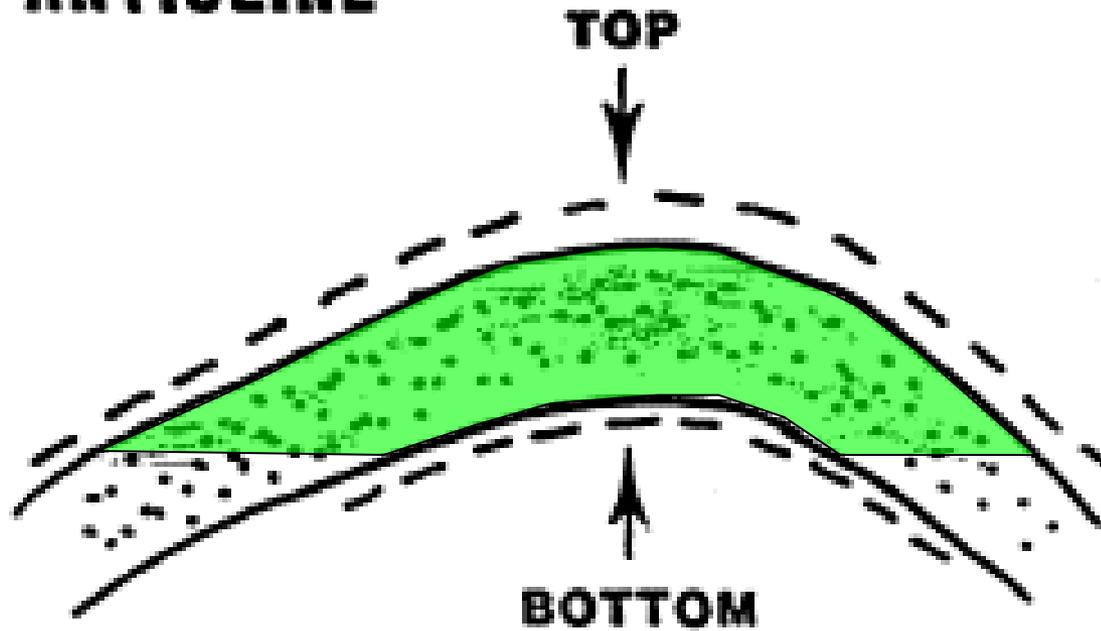
Las rocas sello generalmente son litologías dúctiles lateralmente continuas y con alta presión capilar de entrada.

Una trampa puede tener un solo sello (anticlinal) o varios sellos (Superior, Inferior y lateral)



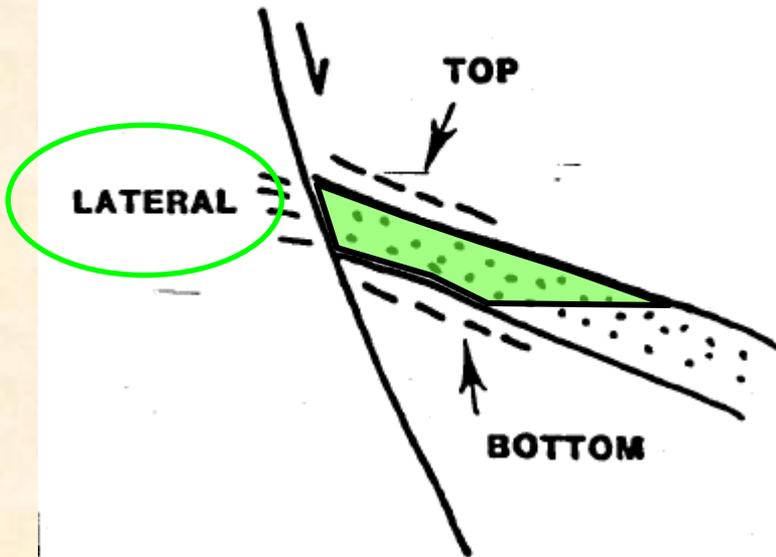
- ✓ Los sellos laterales pueden formarse por cambios de facies o por yuxtaposición de rocas distintas.
- ✓ La variabilidad estratigráfica lateral del sello incrementa el riesgo de fuga.
- ✓ Por delgada que sea cada intercalación en un sello es un elemento de riesgo para la filtración del aceite.

ANTICLINE



Las trampas suelen tener dos sellos (superior e inferior)

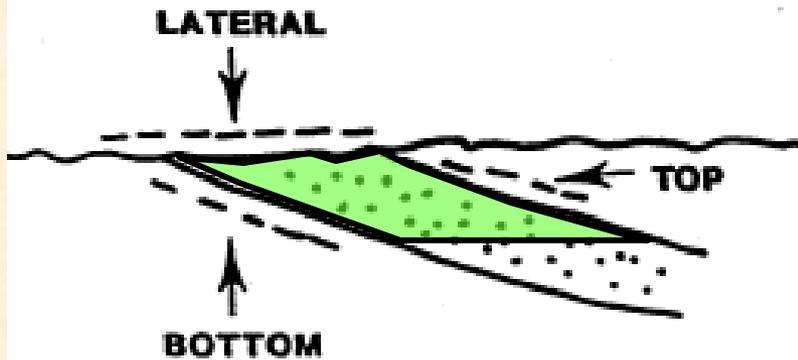
FAULT



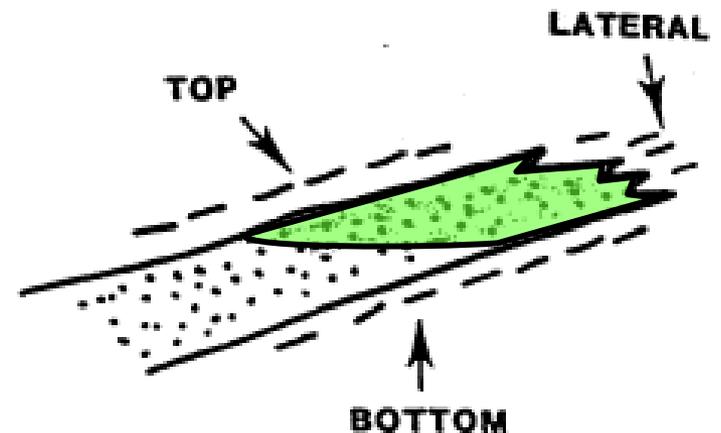
Muchas de las trampas tienen tres sellos (superior, inferior y lateral).

En algunas trampas el superior es el más importante pero en general el lateral es crítico.

UNCONFORMITY



FACIES CHANGE



Mecanismos de sellamiento

SELLOS

MEMBRANA



Controlado por la presión de entrada de la garganta de poro mas grande, interconectada

INFINITO



Para presiones de entrada infinitas del cap-rock (sal, anhidrita), la capacidad del sello está relacionada a:

- a) Esfuerzo vertical efectivo mínimo para retener la columna de hidrocarburos antes del fracturamiento
- b) Espesor

FALLA



Controlado por la presión de entrada de la garganta de poro mas grande interconectada a través del plano de falla

Los mecanismos de sello incluyen:

- a) manchas de arcilla
- b) cataclasis
- c) diagénesis

HIDRODINÁMICO



Controlado por hidrodinamismo excesivo encima de la acumulación.

La columna de hidrocarburos alcanza la longitud de equilibrio cuando las fuerzas de flujo hacia arriba y hacia abajo se igualan



Por brechas de falla

Milonitas

Brechas cataclásticas (por metamorfismo)

Una gota de aceite que alcance el fondo marino...

- ▶ Se moverá a través de la columna de agua
- ▶ Su velocidad dependerá de la diferencia de densidades entre el agua y el aceite.
- ▶ Su principal fuerza es la flotación (*buoyancy*).

En el subsuelo...

- ▶ La flotación también llevará al aceite o gas hacia arriba (o echado arriba).
- ▶ El movimiento es más tortuoso porque los HC's se tienen que mover a través de poros con agua o por fracturas de las rocas.
- ▶ Las gargantas de los poros producen resistencia.
- ▶ La presión capilar describe y mide esa resistencia de las gargantas de poro.

Flotación

- La flotación se crea por la diferencia de densidades entre el agua y los HC's.
- A mayor diferencia de densidades mayor fuerza de flotación.

Gradiente de flotación para un Aceite: (ejemplo)

Densidad de un Aceite = 0.77 g/cc

Densidad del agua = 1.0 g/cc

Gradiente de Presión = 0.433 x densidad del fluido:

Para el agua = $0.433 \times 1.0 = 0.433$ psi/ft

Para el aceite = $0.433 \times 0.77 = 0.333$ psi/ft

Gradiente de Flotación = $0.433 - 0.333 = 0.1$ psi/ft

$$\Delta \text{ Flotación} = \Delta \text{ Pres. Agua} - \Delta \text{ Pres. Aceite}$$

Mojabilidad:

Es la resistencia provocada por la interacción Roca-Fluidos.

Se requiere trabajo para separar el fluido que moja a los granos de roca (generalmente agua).

Cuando la roca está parcialmente mojada por aceite, la presión de desplazamiento disminuye.

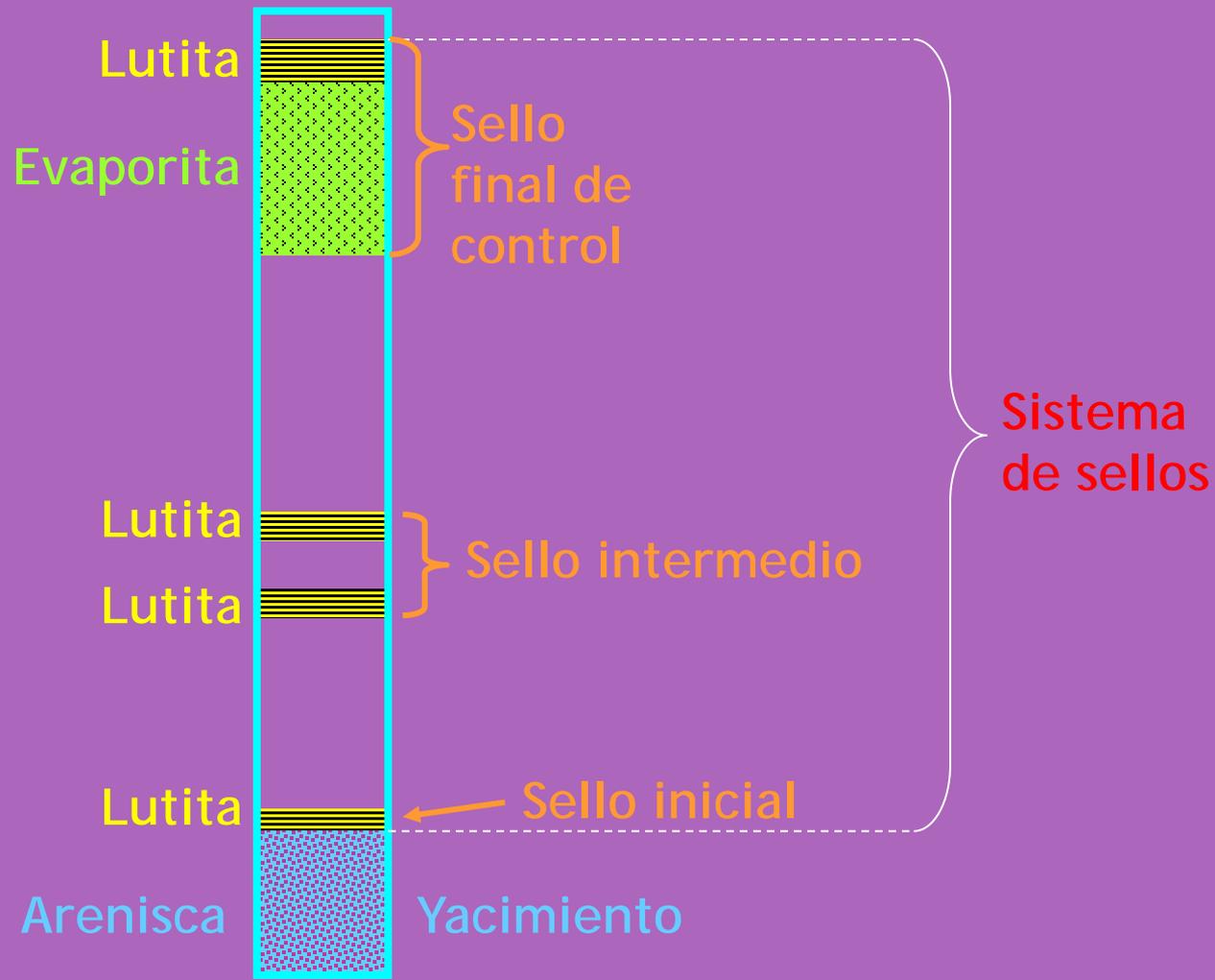
La mojabilidad es igual a 1 (uno) en un sistema mojado por agua.

Las rocas pueden estar parcialmente mojadas con aceite cuando:

Una película de aceite cubre los granos.

Hay presencia de materia orgánica.

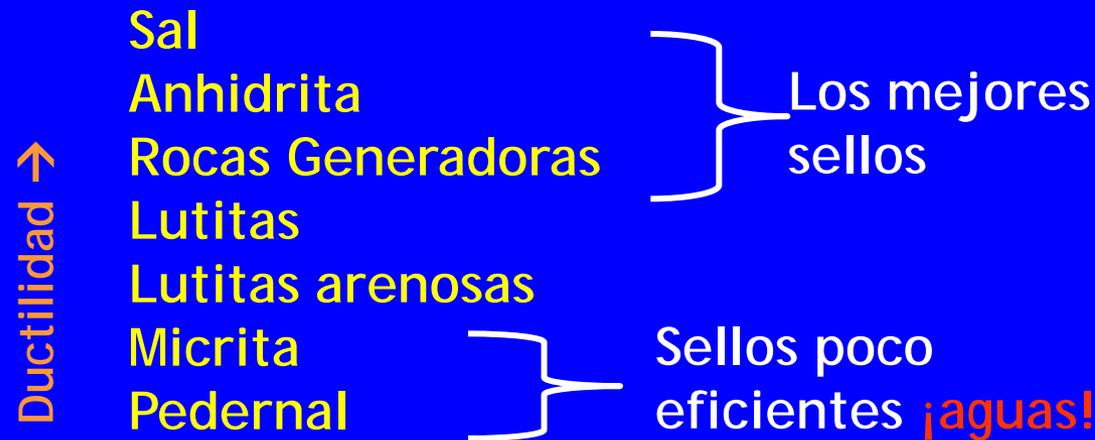
La roca es rica en minerales de hierro.



Propiedades Macro de los Sellos

Ductilidad:

- Las litologías frágiles tienden a fracturarse.
 - ▼ Las calizas micríticas pueden tener una presión de entrada muy alta pero se fracturan fácilmente y permiten la migración.
 - ▼ Las fracturas angostas y abiertas permiten la migración fácilmente (una fractura de 0.025 mm puede permitir la fuga de 150 MB en 1,000 años).
- Las litologías dúctiles tienden a fluir de manera plástica.



Propiedades Macro de los Sellos

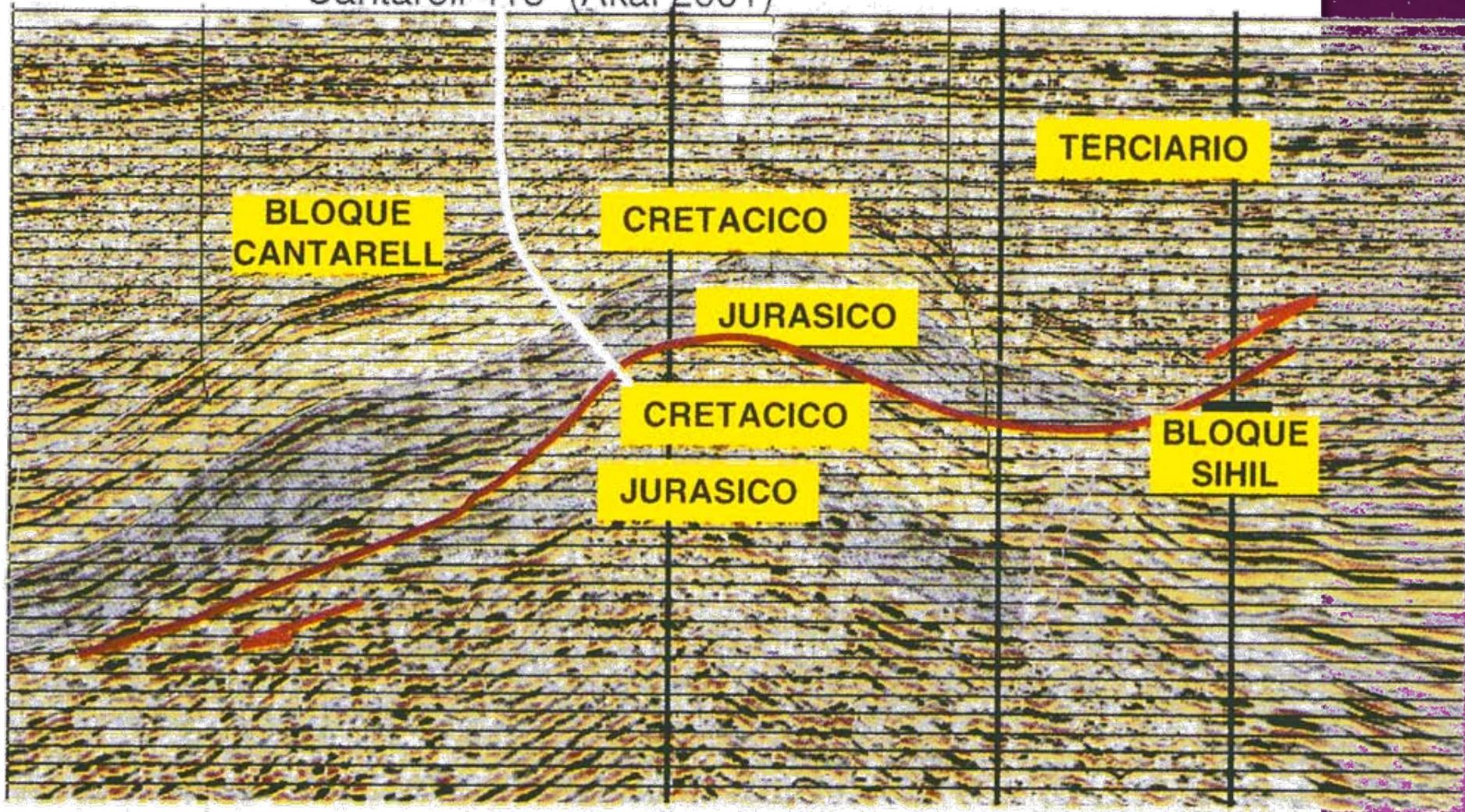
Espesor

- ▼ Los pequeños espesores pueden ser buenos sellos pero deben ser continuos y no estar rotos en toda la extensión del yacimiento.
- ▼ Es preferible un sello más grueso para mantener la estabilidad cuando hay grandes acumulaciones.

Extensión

- ▼ Los sellos de extensión lateral amplia (Lutitas y evaporitas transgresivas) son los mejores sellos de una cuenca.

Cantarell 418 (Akal 2001)



Estructura Cantarell Bloque Cabalgado.

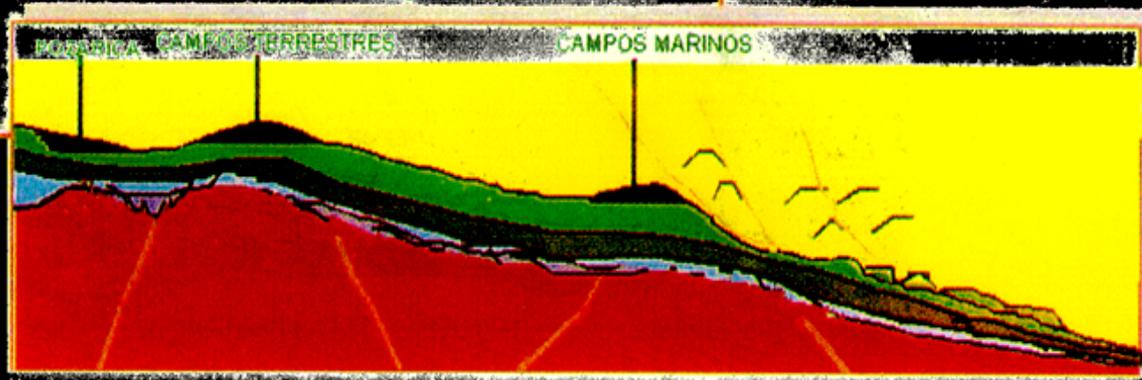
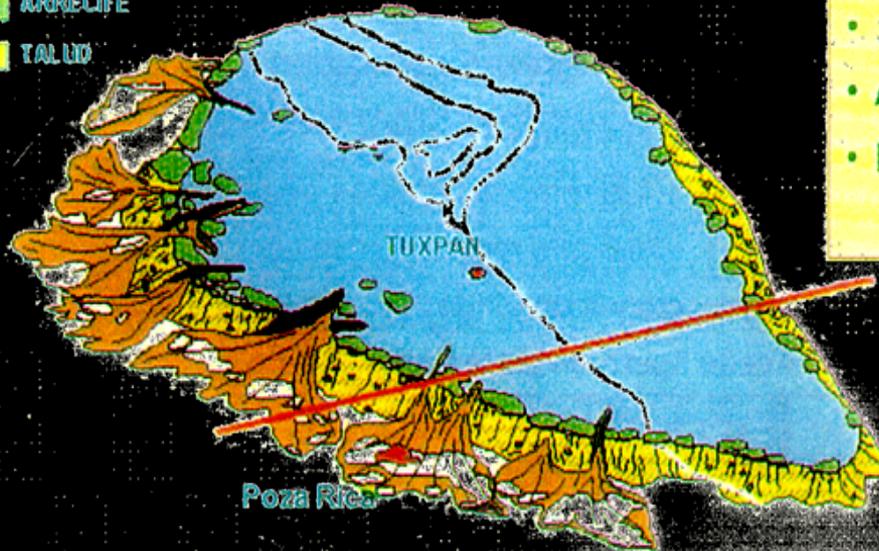
ATOLÓN DE LA FAJA DE ORO

(Plataforma de Tuxpan)

- Trampas estratigráficas del Cretácico medio
- > 1,500 mmbpce producidos en el arrecife
- Aceite pesado en tierra, ligero costa afuera
- Play talud:
 - ✓ Poza Rica ha producido 1,731 mmbpce

FACIES

-  BANCO CALCÁREO
-  ARRECIFE
-  TALUD



SISTEMA PETROLERO "BURGOS"

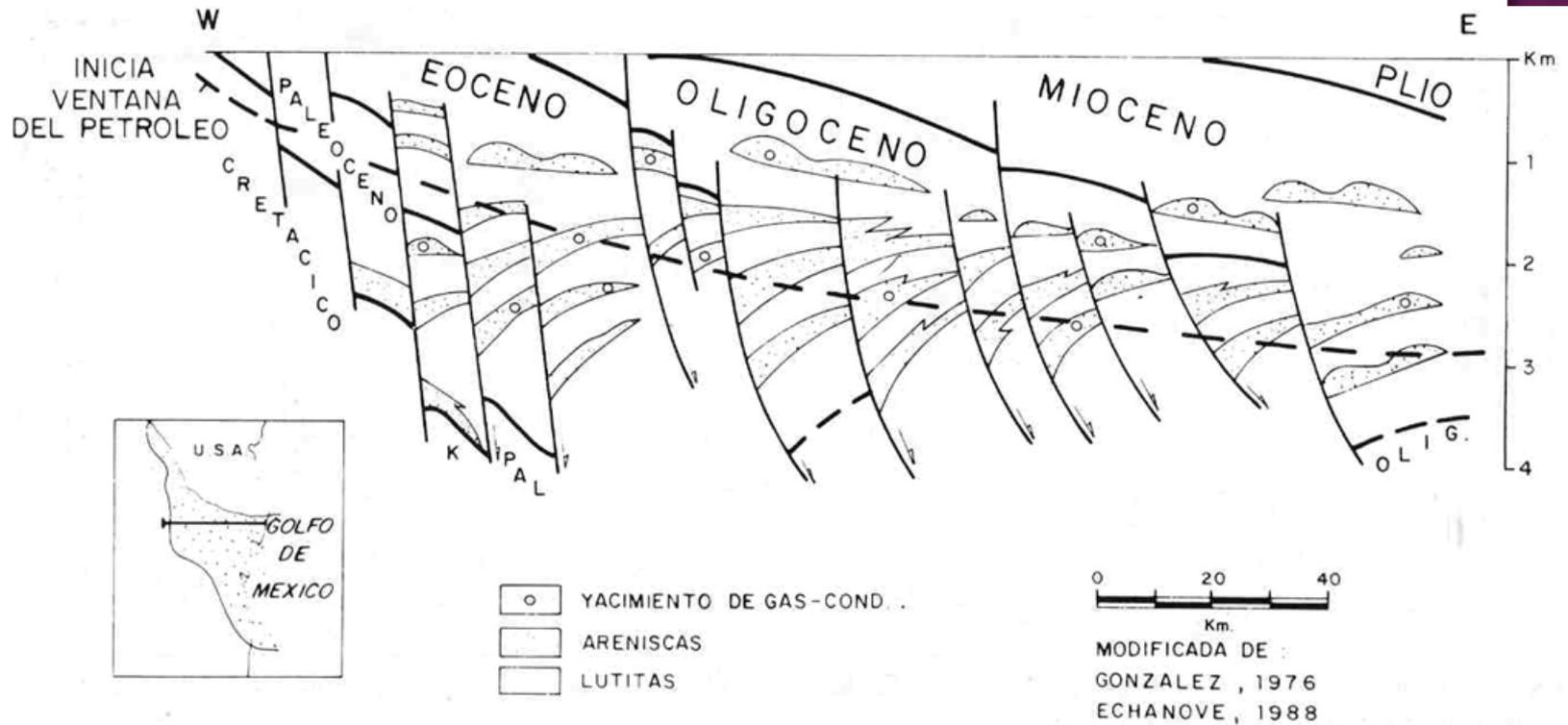
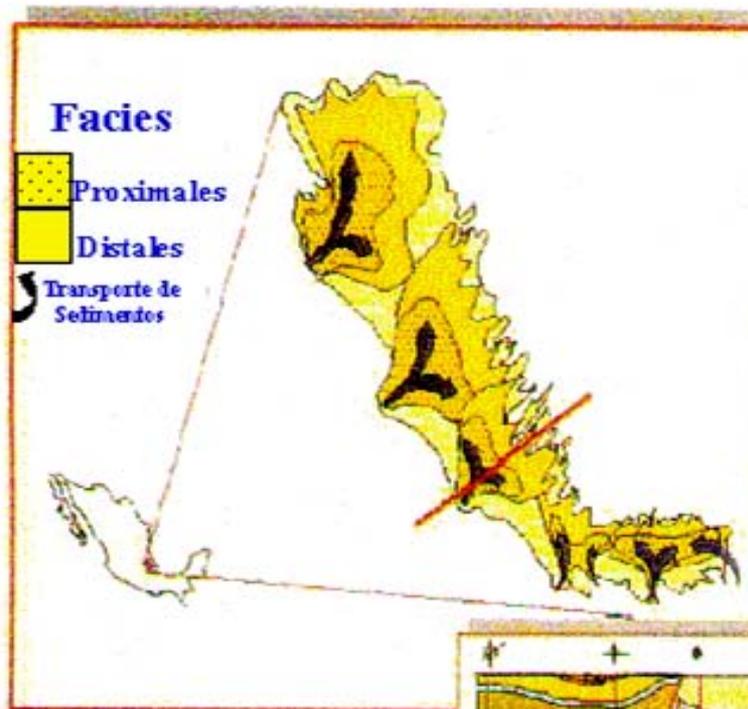


Fig. 4.- Sección transversal esquemática y condiciones de madurez de la Cuenca de Burgos (Tomada de González y Holguín, 1991).

SISTEMA PETROLERO CHICONTEPEC



SISTEMA CHICONTEPEC

- Antefosa del Paleoceno-Eoceno temprano
- Turbiditas siliciclásticas
- Aceite original *in situ* 139,000 mmb
- Gas original *in situ* 49 mm mmpc
- Reservas:
 - 12,324 mmb de aceite
 - 1,839 mmb de líquidos de planta
 - 26.5 mm mmpc de gas seco
- Producción acumulada: 141 mmbpce
- Aceite ligero en parte norte

