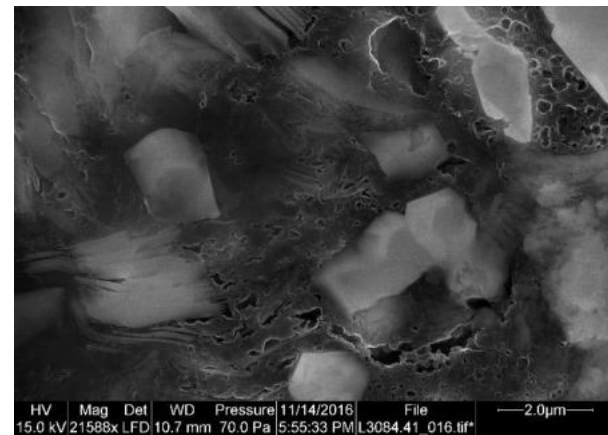
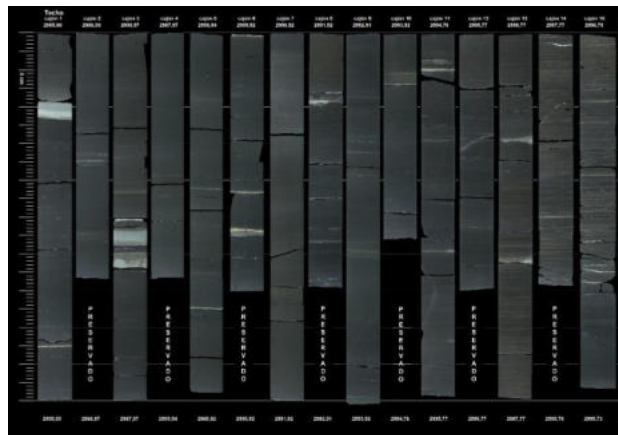




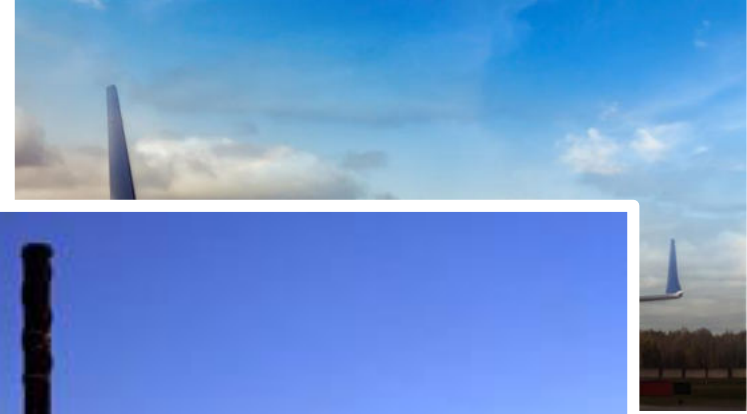
VACA MUERTA....
Más allá de lo que ves



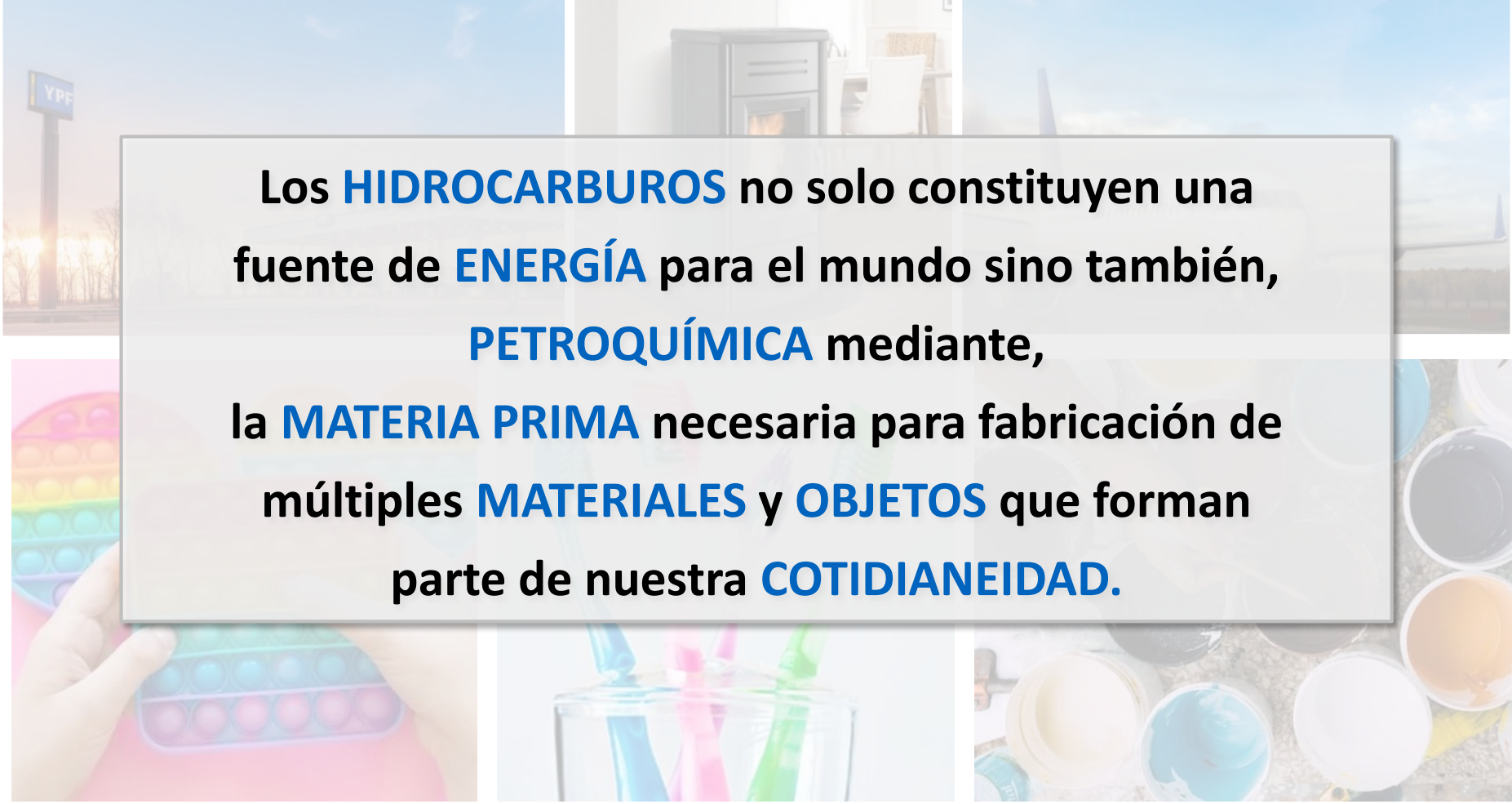
Guillermina Sagasti

Septiembre 2021









Los **HIDROCARBUROS** no solo constituyen una fuente de **ENERGÍA** para el mundo sino también, **PETROQUÍMICA** mediante, la **MATERIA PRIMA** necesaria para fabricación de múltiples **MATERIALES** y **OBJETOS** que forman parte de nuestra **COTIDIANEIDAD**.

Contenidos



- ❑ ¿De qué hablamos cuando hablamos de *Shale*?
- ❑ Permeabilidad / Nivel de navegación
- ❑ ¿Qué se necesita para que el desarrollo de Vaca Muerta sea exitoso?
- ❑ Evaluación de Vaca Muerta en fase de delineación
- ❑ Línea de tiempo de Vaca Muerta en 9 *clicks*

¿De qué hablamos cuando hablamos de *Shale*?

Hablamos de **rocas sedimentarias de grano muy fino**.

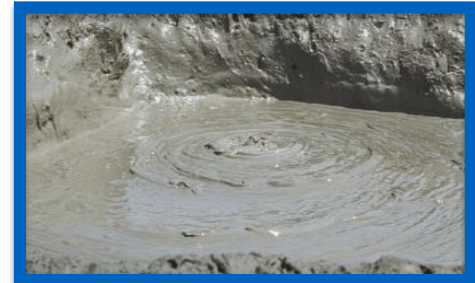
En **algunos casos** estas rocas tienen un **elevado contenido de materia orgánica** que, por efectos de **presión y temperatura**, sufre transformaciones que da lugar a la **generación de hidrocarburos**.

A este tipo de **shales** se las denomina **roca madre** o roca **generadora de hidrocarburos**.

Wentworth/Doeglas		DIN 4022	
[mm]			[mm]
63	muy grueso	Gravas	63
32	grueso		20
16	medio		6,3
8	fino		2
4	muy fino	Arena	0,63
2	muy grueso		0,25
1	grueso		0,125
0,5	medio		0,063
0,25	fino	Silt o Limo	0,032
0,125	muy fino		0,016
0,063	muy grueso		0,008
0,032	grueso		0,004
0,016	medio	Arcilla	0,002
0,008	fino		
0,004	muy fino		
0,002			

www.geovirtual2.cl

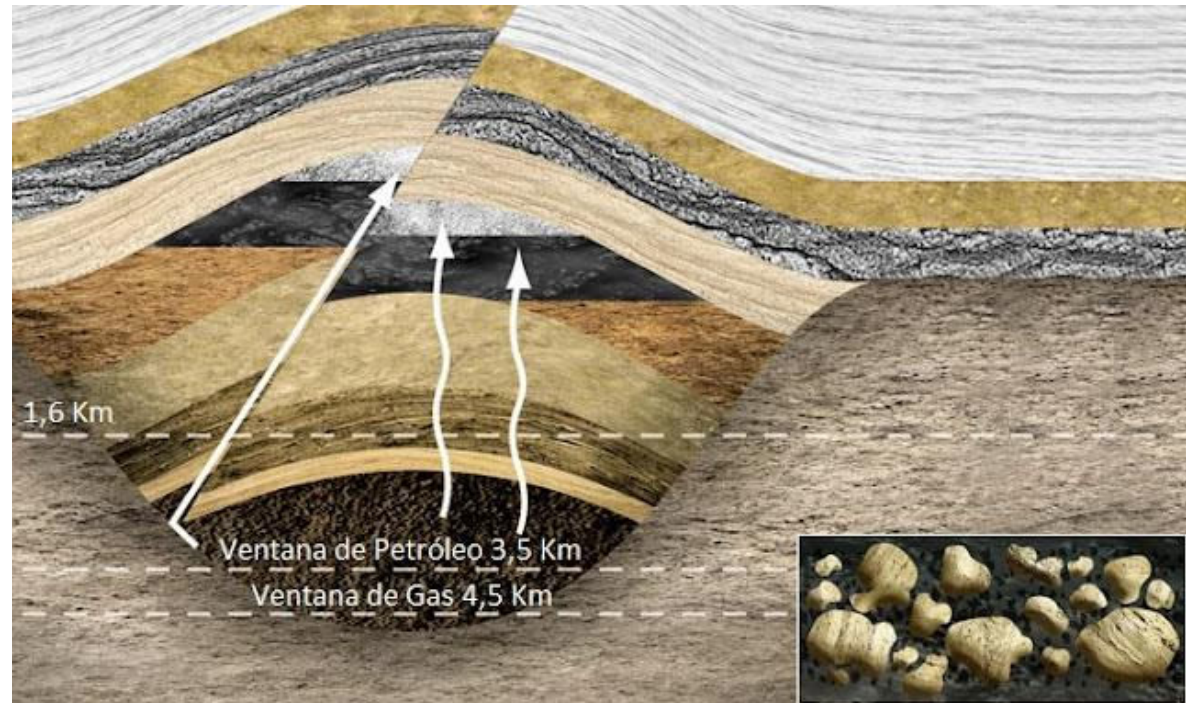
Wentworth (1922), Doeglas (1966), DIN 4022



¿De qué hablamos cuando hablamos de *Shale Plays*?

Parte del hidrocarburo generado por la roca madre **es expulsado** fuera de la misma y, luego de un **proceso de migración**, se aloja en **rocas reservorio** o bien **escapa sin sufrir entrapamiento**.

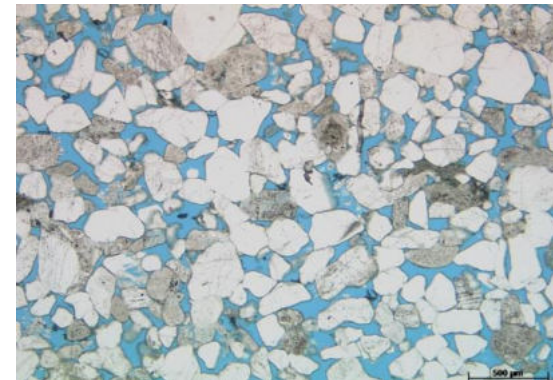
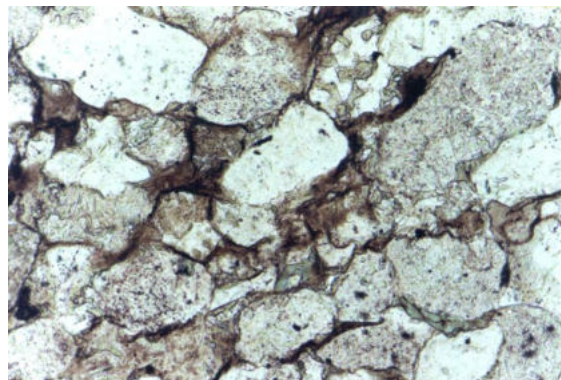
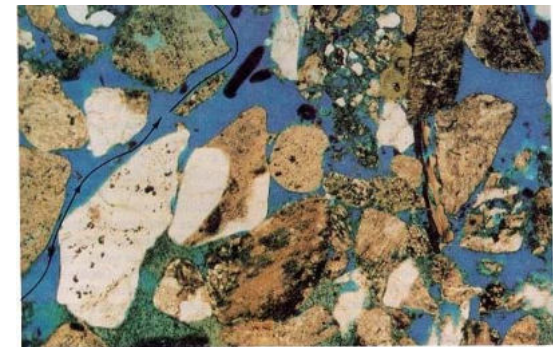
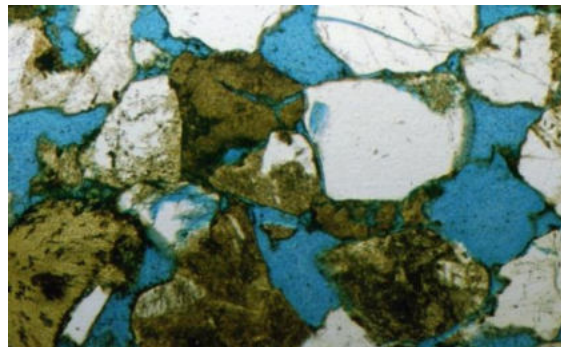
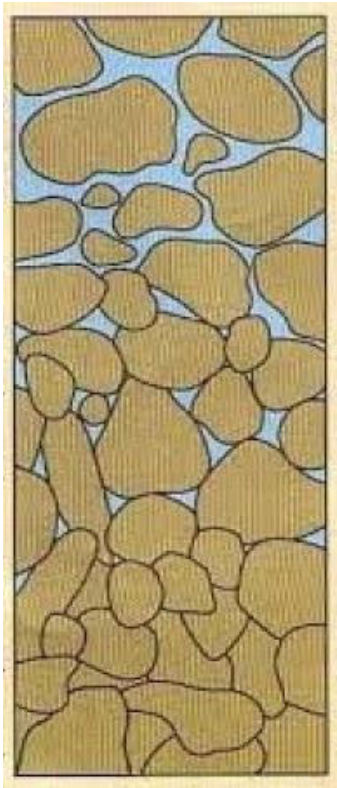
Parte del hidrocarburo queda en la roca generadora y, mediante técnicas de **estimulación hidráulica**, puede dar lugar a la **producción de gas y/o petróleo**.



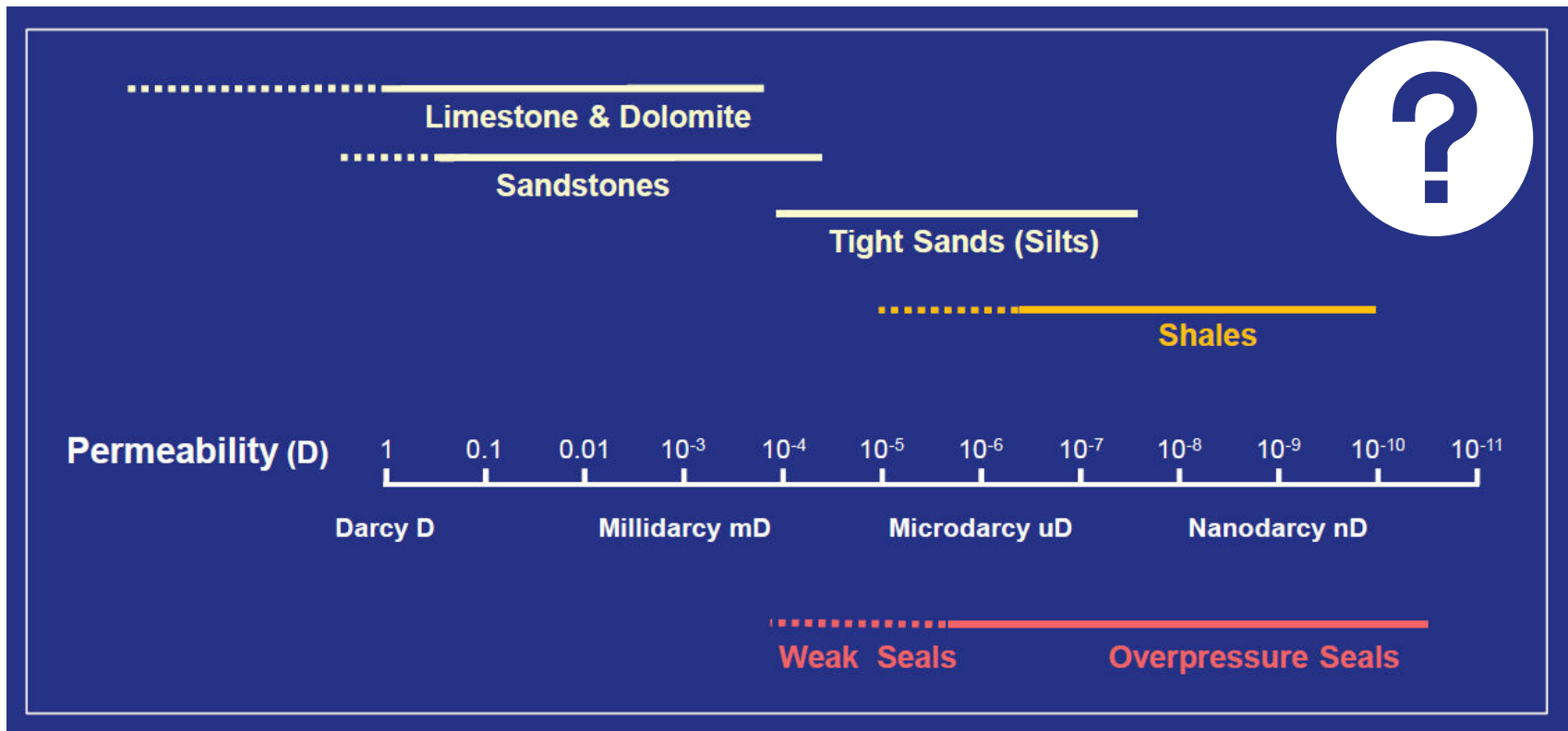
Una de las **principales diferencias** entre los **reservorios convencionales** y los **no convencionales tipo *Shale*** es la **extrema baja permeabilidad** de estos últimos.

¿Qué es la permeabilidad?

- **Capacidad** que tiene un **material poroso** de **dejar pasar un fluido** a través de sus poros.
- Los **poros** son los **espacios ubicados entre los clastos y/o cemento** que forman las **rocas sedimentarias**.
- La permeabilidad depende de la **porosidad** y el **tamaño, geometría e interconexión** de los **poros**.



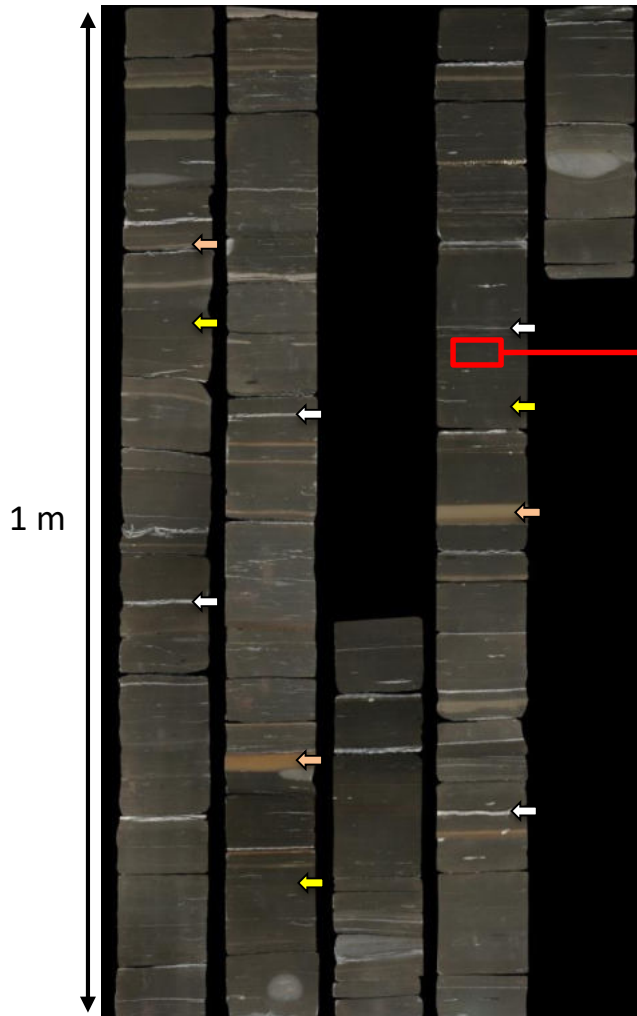
Permeabilidad



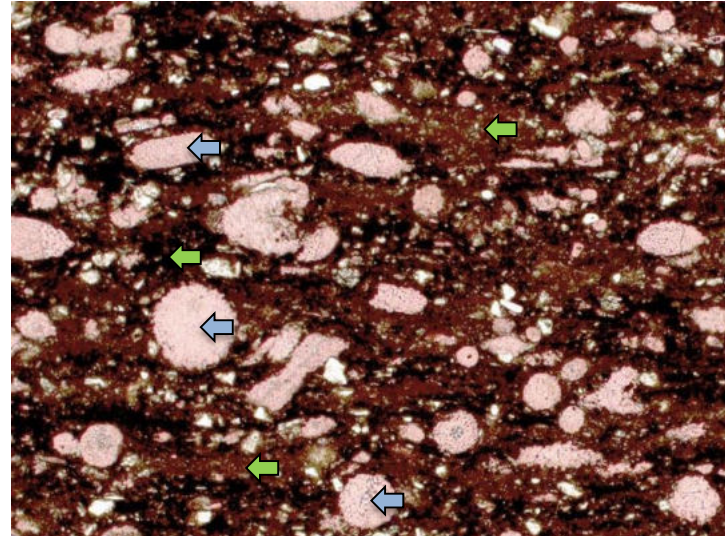
Berg, SPE 2013-2014 Distinguished Lecturer Series

¿Por qué los *shales* tienen tan baja permeabilidad?

Vaca Muerta en coronas



Vaca Muerta en microscopio petrográfico



← Matriz
formada
por
arcilla/limo
y materia
orgánica

← Microfósiles

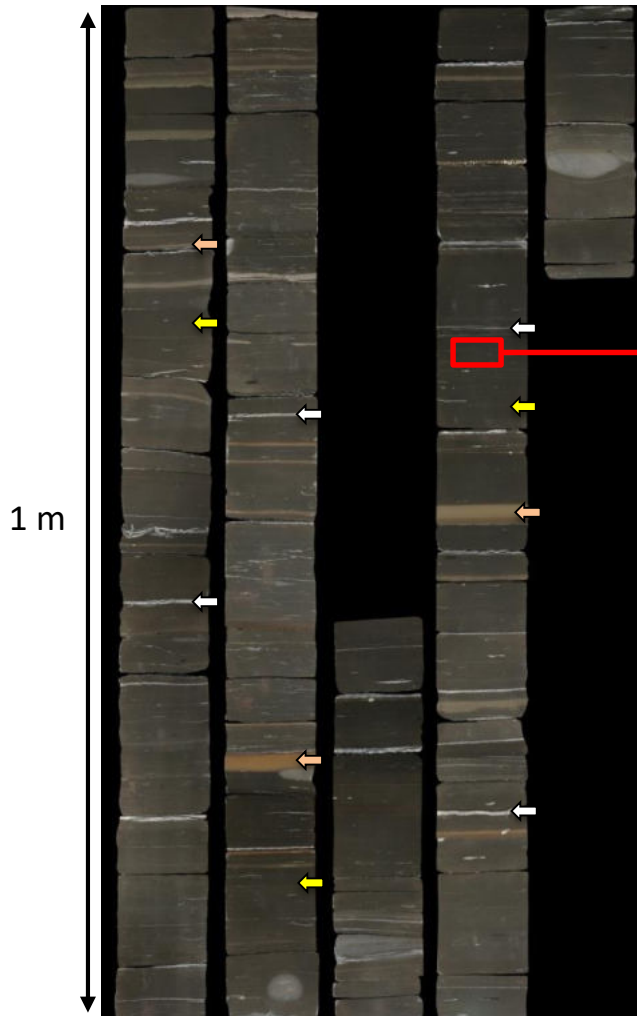
← Shale con alto contenido
de materia orgánica

← Niveles de cenizas
volcánicas

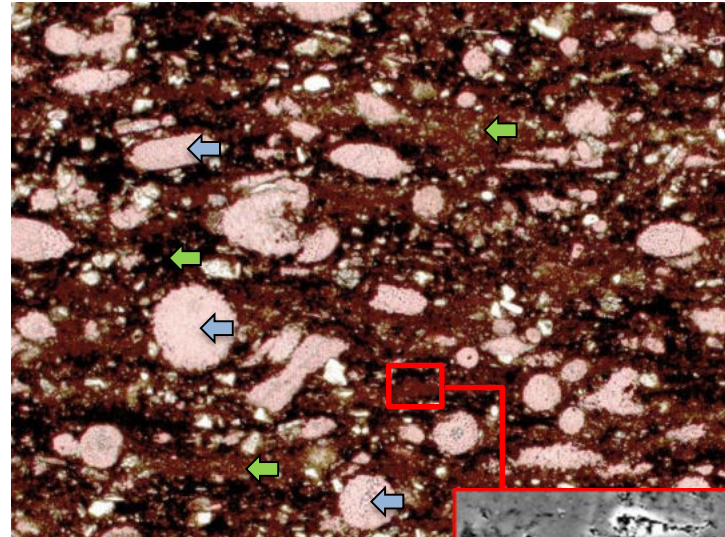
← Venas de calcita

¿Por qué los *shales* tienen tan baja permeabilidad?

Vaca Muerta en coronas



Vaca Muerta en microscopio petrográfico



← Matriz formada por arcilla/limo y materia orgánica

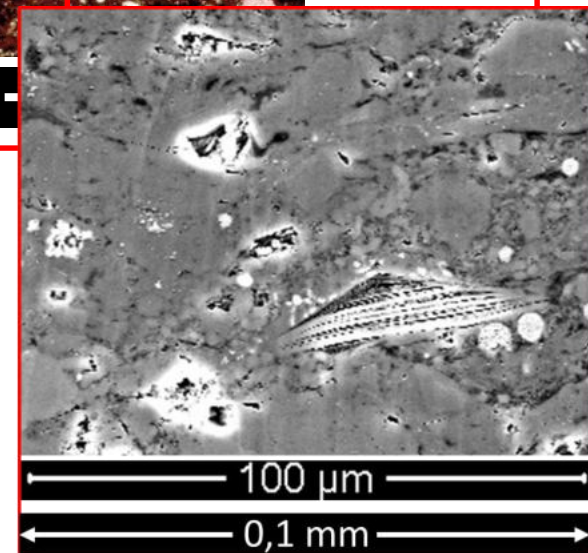
← Microfósiles

← 1 mm

← Shale con alto contenido de materia orgánica

← Niveles de cenizas volcánicas

← Venas de calcita



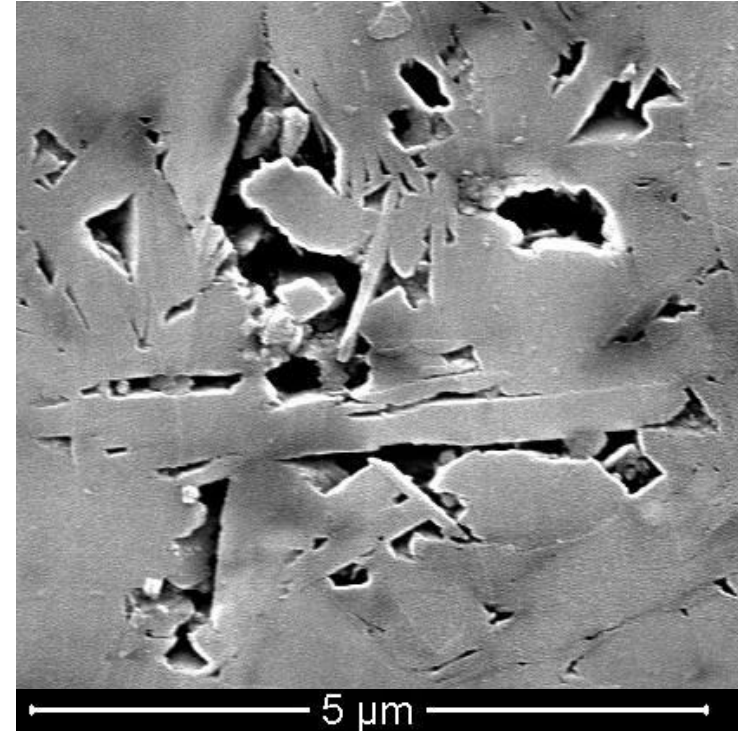
Vaca Muerta en microscopio electrónico

¿Por qué los *shales* tienen tan baja permeabilidad?

Porosidad en materia orgánica



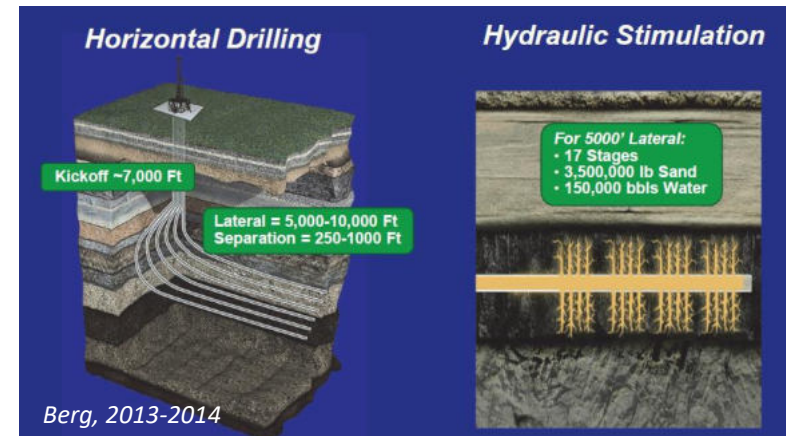
Porosidad entre minerales



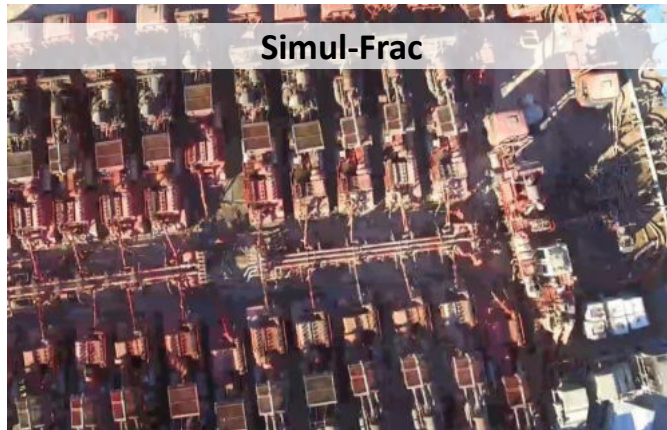
- La baja **permeabilidad** está relacionada con el reducido **tamaño de los poros**.
- El **diámetro de los poros** en los *shales* es de tamaño **nanométrico** ($1 \text{ nm} = 0,000001 \text{ mm}$).
- El **diámetro del cabello humano** varía entre **15.000 y 170.000 nanómetros**.

Conductividad.....Conductividad.....Conductividad !!!

- Para **producir** los **hidrocarburos** alojados en los **shales** es necesario **conectar** los **nanoporos** para **eleva**r la **conductividad**.
- A partir de la evolución de **tecnologías** de **estimulación hidráulica** en **pozos horizontales**, se ha logrado generar **canales de mayor conductividad** y así **producir comercialmente** hidrocarburos alojados en estas rocas.



Agente sostén

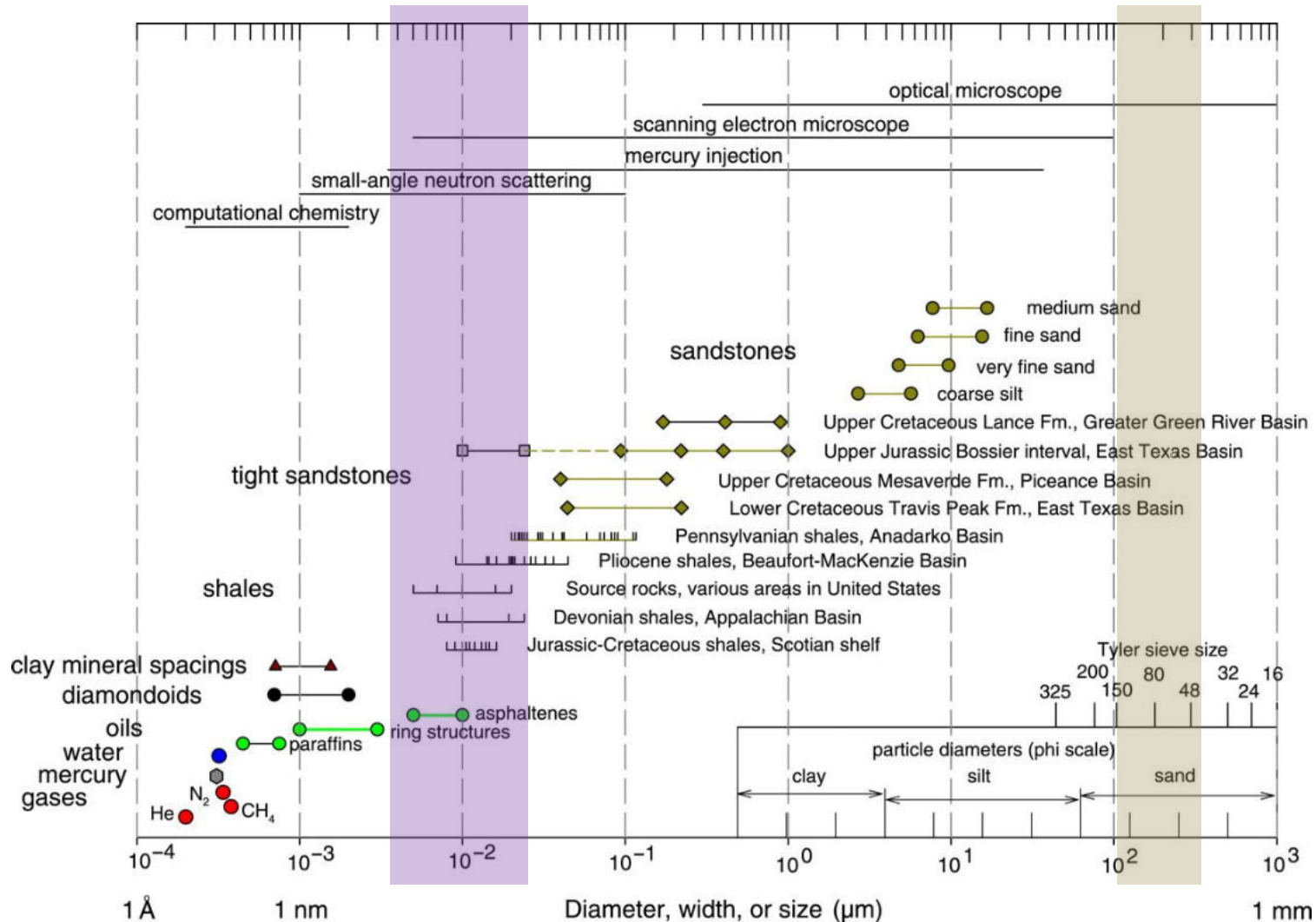


Simul-Frac



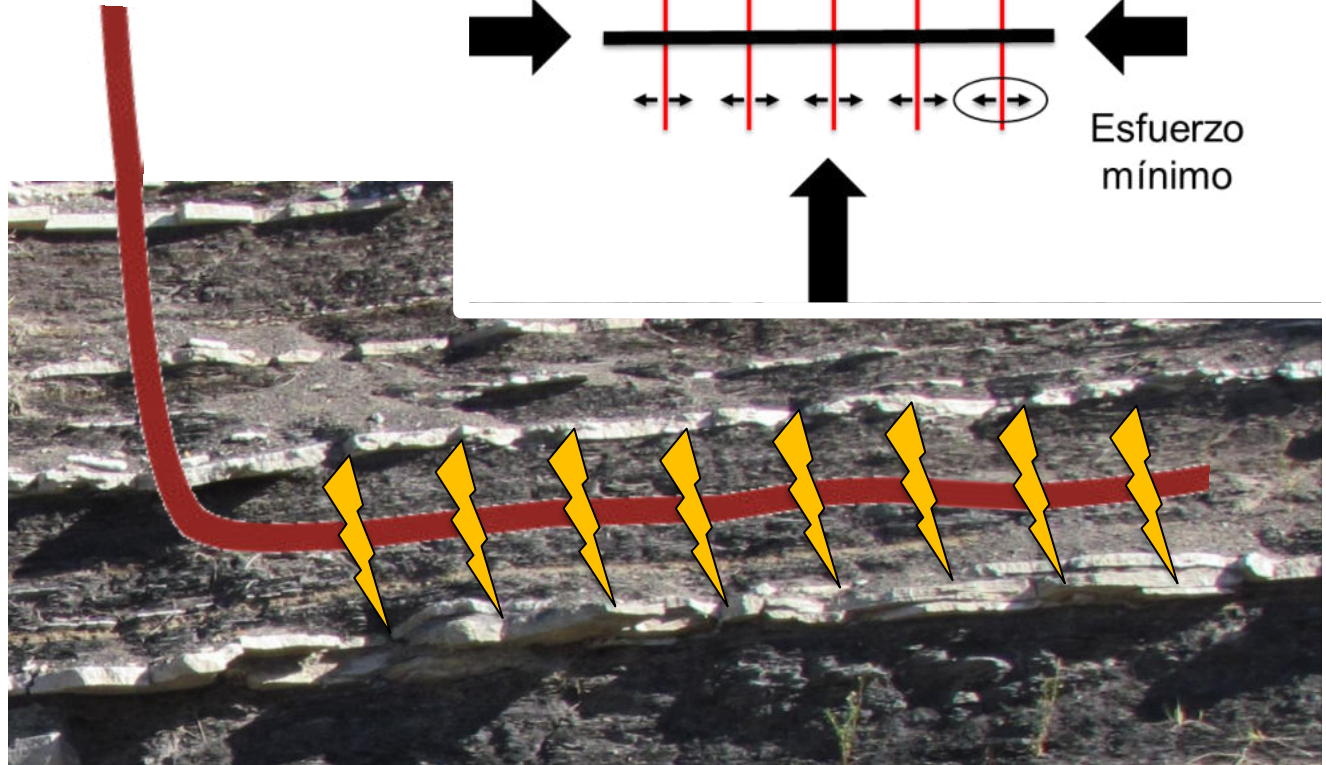
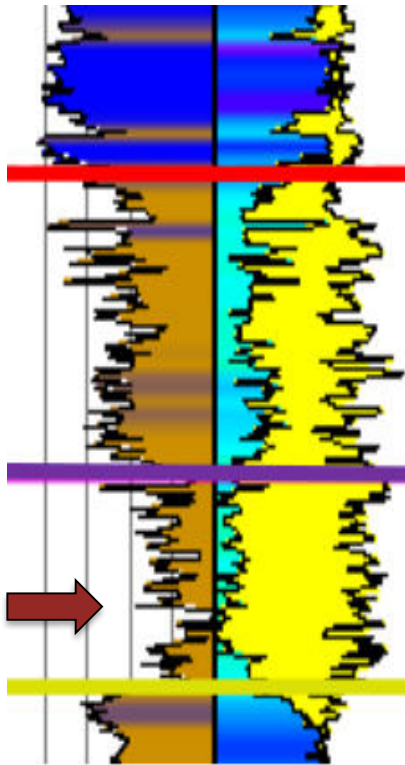
Set actual

Diámetro de partículas, poros, hidrocarburos y agende de sostén



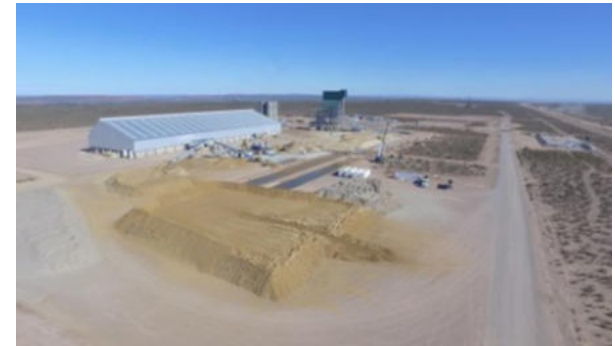
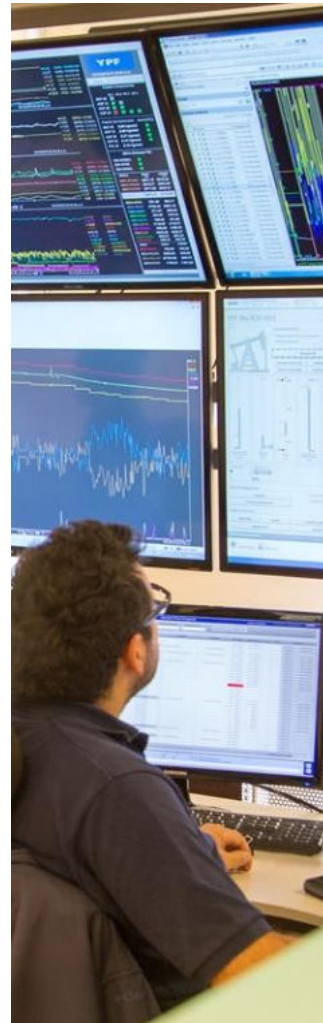
Pozos horizontales

Nivel de navegación



¿Qué se necesita para que el desarrollo de Vaca Muerta sea exitoso?

- **Alta productividad** de hidrocarburos.
- **Bajo costo** de desarrollo.
- Fuente local de **agente sostén y agua**.
- **Instalaciones** para el tratamiento de la producción.
- **Ductos** para el transporte.
- Desarrollo de **infraestructura de transporte y servicios locales**.
- **Profesionales y técnicos capacitados**.
- **Interacción ordenada y cuidada** con las comunidades y el medio ambiente.
- **Legislación adecuada** que permita economicidad tanto para la empresa como para el estado.

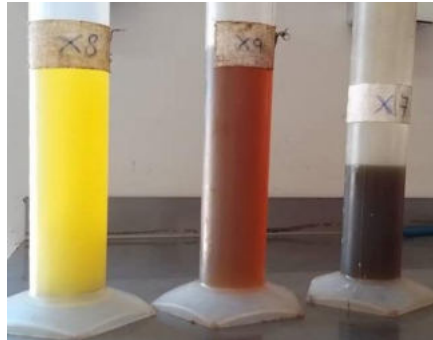


Desafíos de subsuelo para lograr el desarrollo exitoso de Vaca Muerta

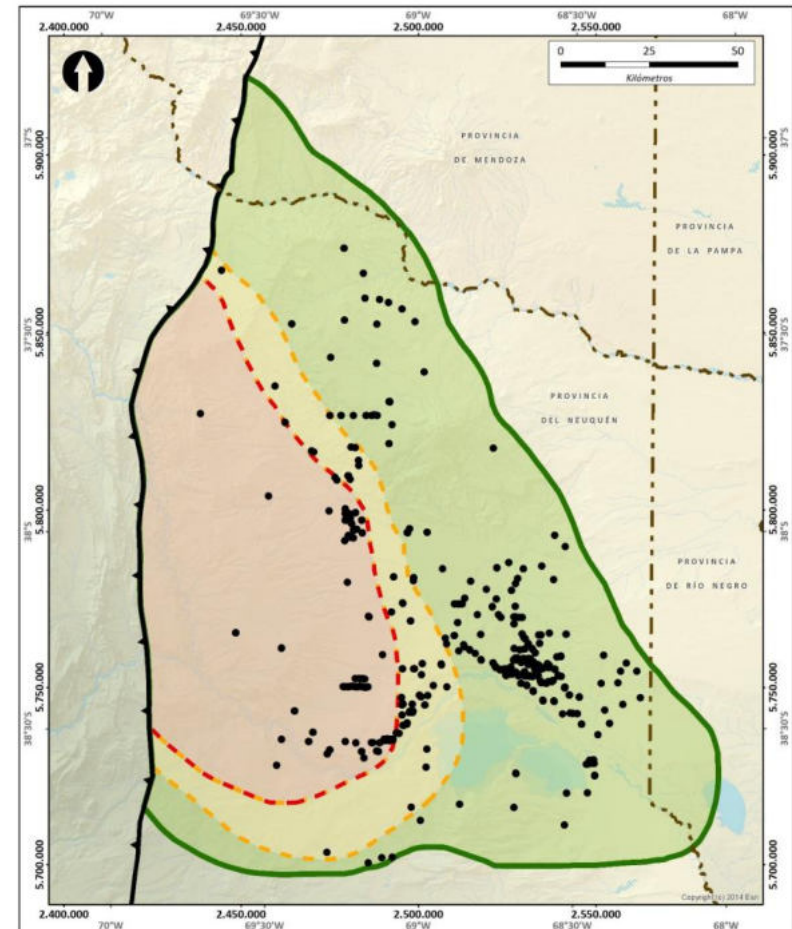


*Predecir la productividad de VM
a lo largo de la cuenca Neuquina*

Heterogeneidad del reservorio y los fluidos

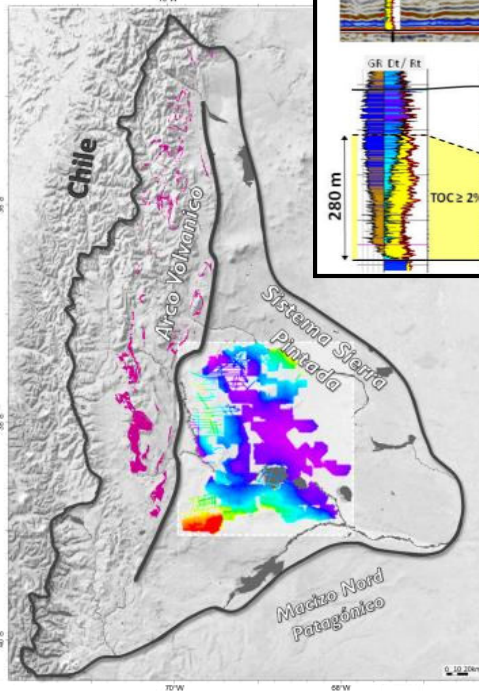


Distribución de los datos

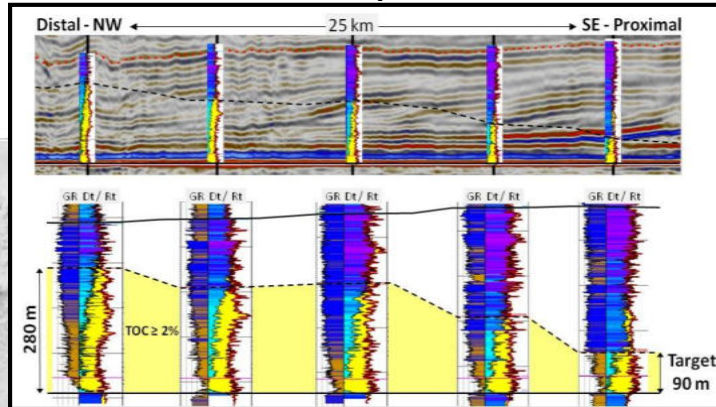


Heterogeneidad estratigráfica

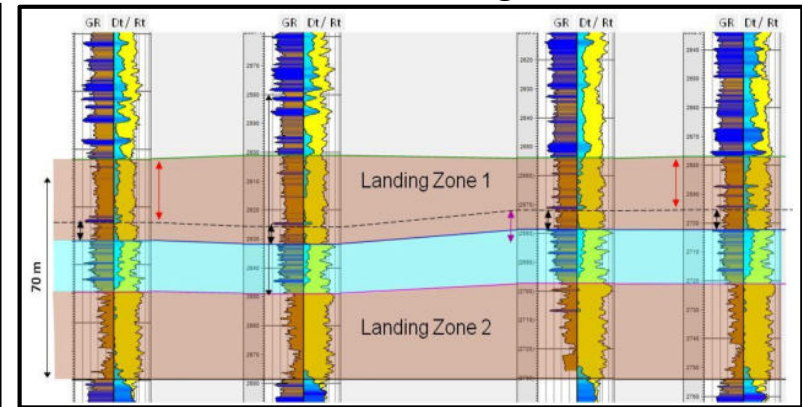
Regional



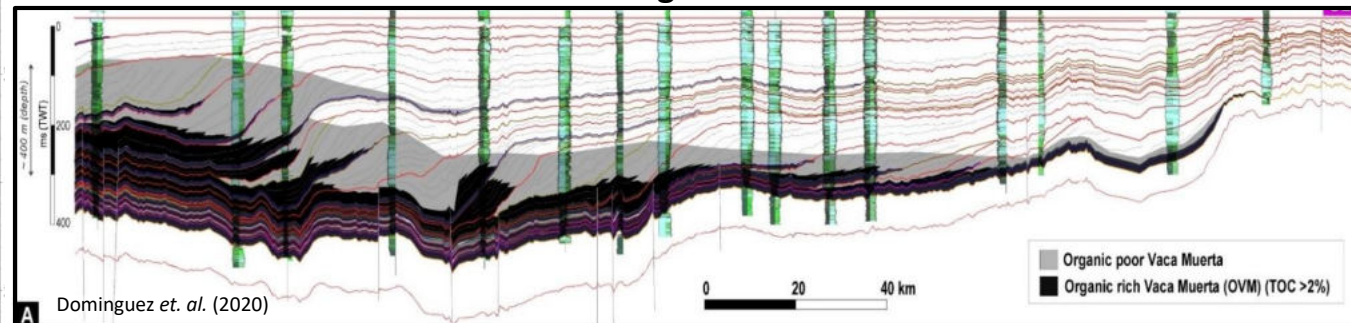
Bloque



Intervalo de Navegación

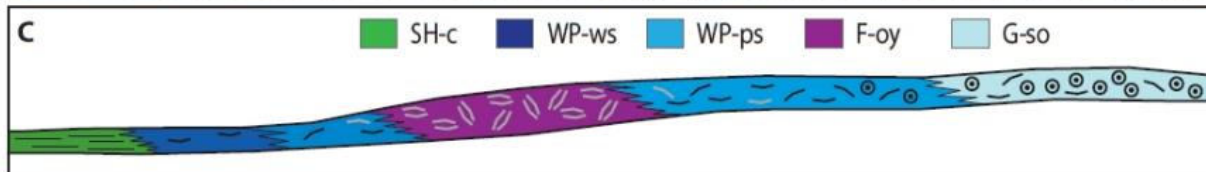
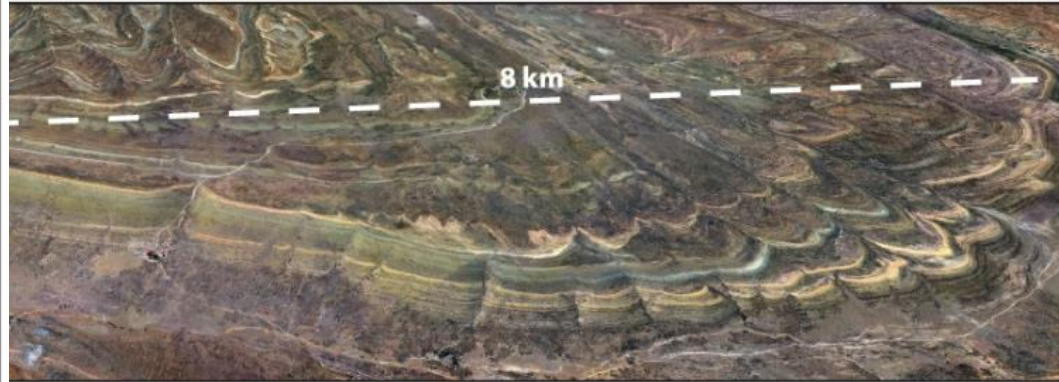
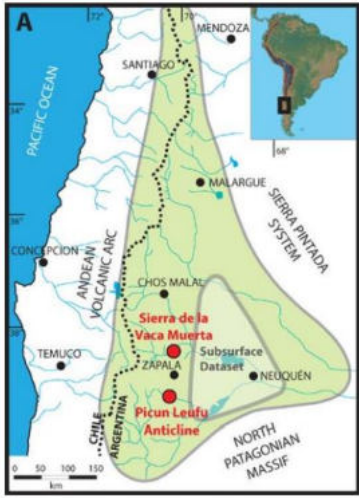


Regional

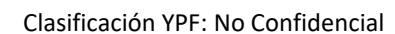


A Dominguez et. al. (2020)

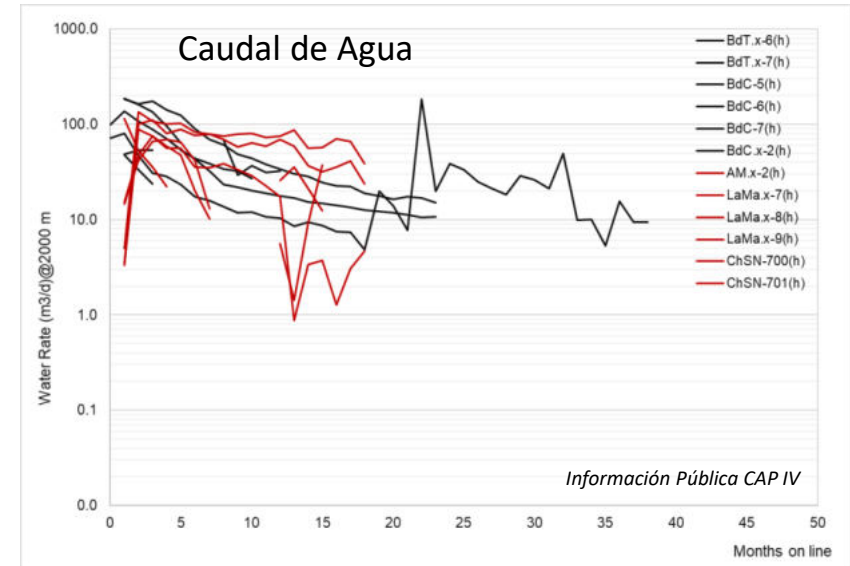
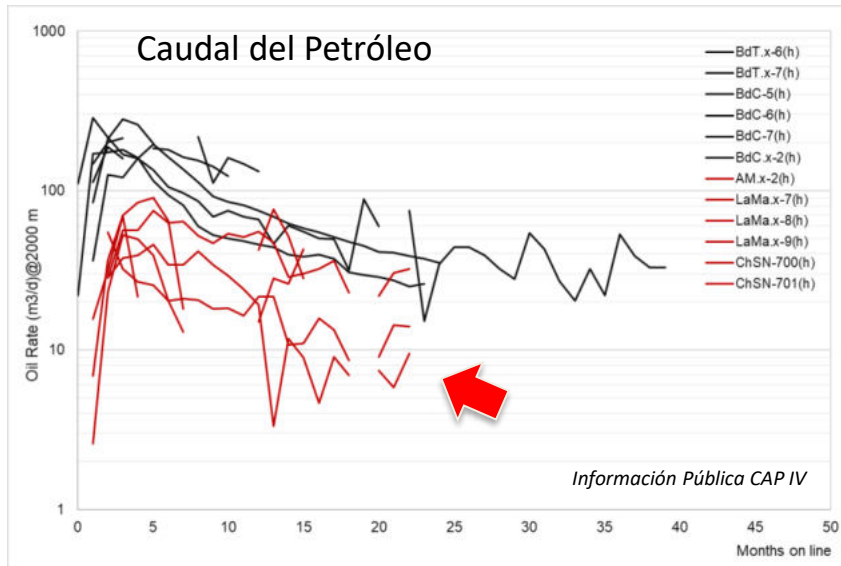
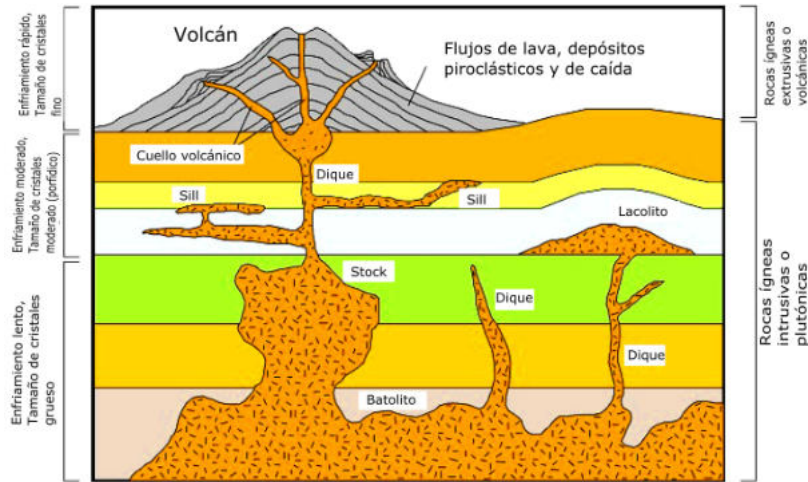
Variaciones de facies a lo largo del perfil deposicional



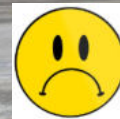
Tomado de Zeller, M. 2013



Heterogeneidad asociada a la presencia de cuerpos intrusivos



Heterogeneidad asociada al estilo/complejidad estructural



Heterogeneidad asociada al estilo/complejidad estructural

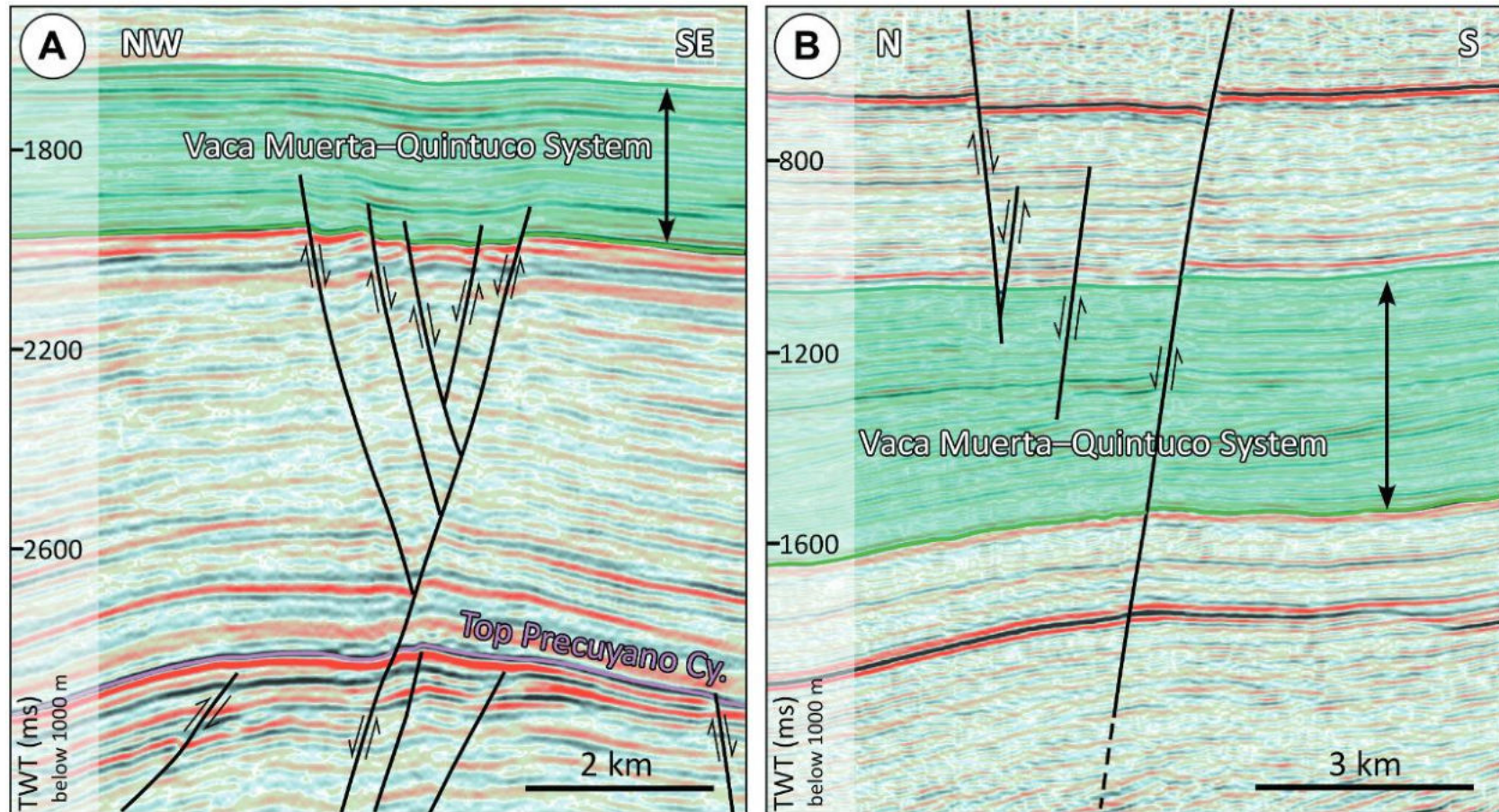


Figure 10. (A) North-northeast-south-southwest normal faults, Río Neuquén block. (B) East-West normal faults, Chasquivil block. See Figure 8 for locations.

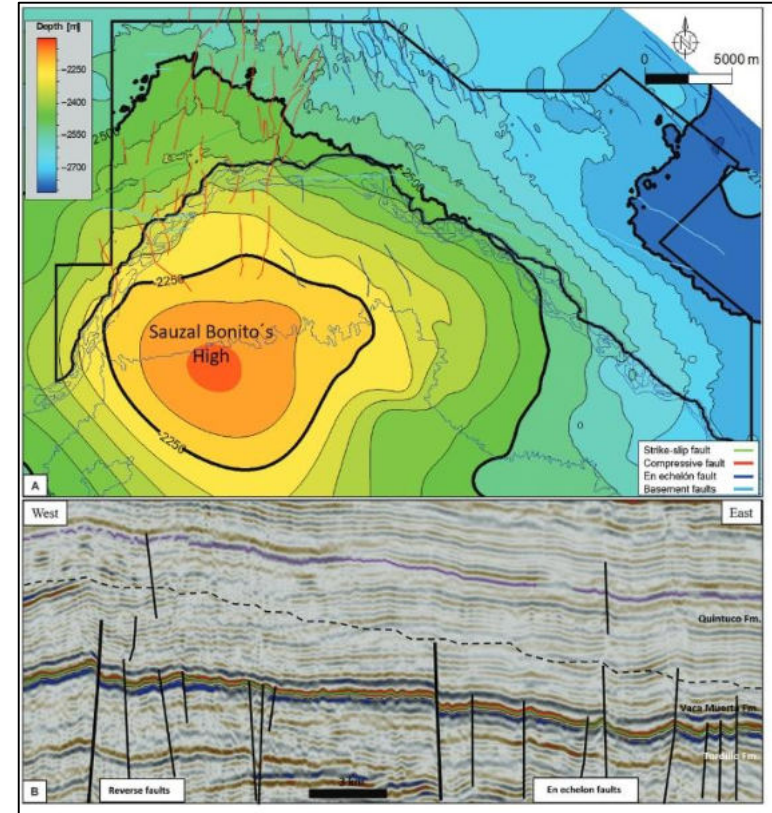
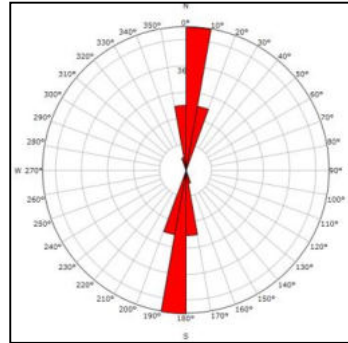
Tomado de Marchal et al., 2020

Evaluación de Vaca Muerta en fase de delineación

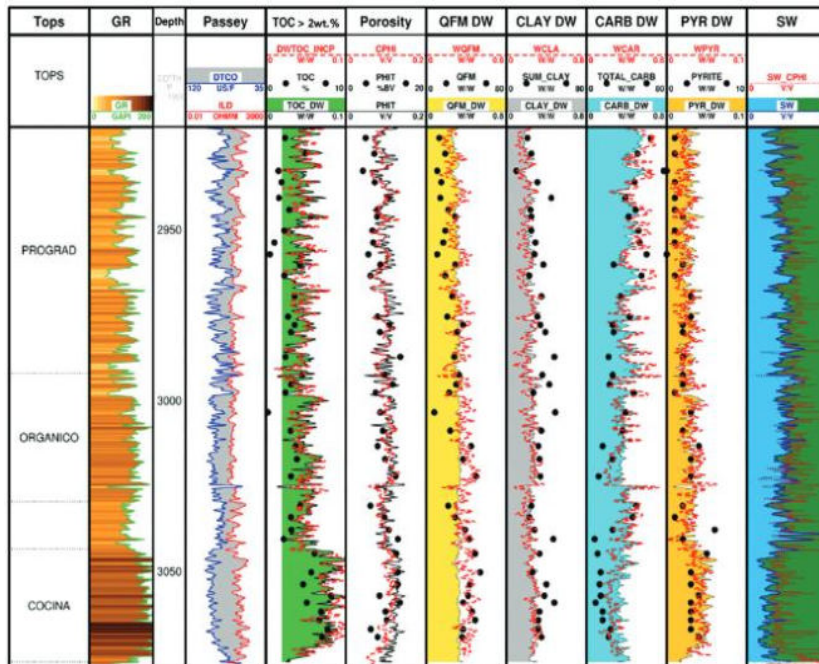
Se analizan las **características geológicas** y de **fluido**.

Se identifican **fallas** y/o cuerpos **intrusivos**.

Se determina la **orientación de los esfuerzos**.



Tomado de Vittore et al., 2020

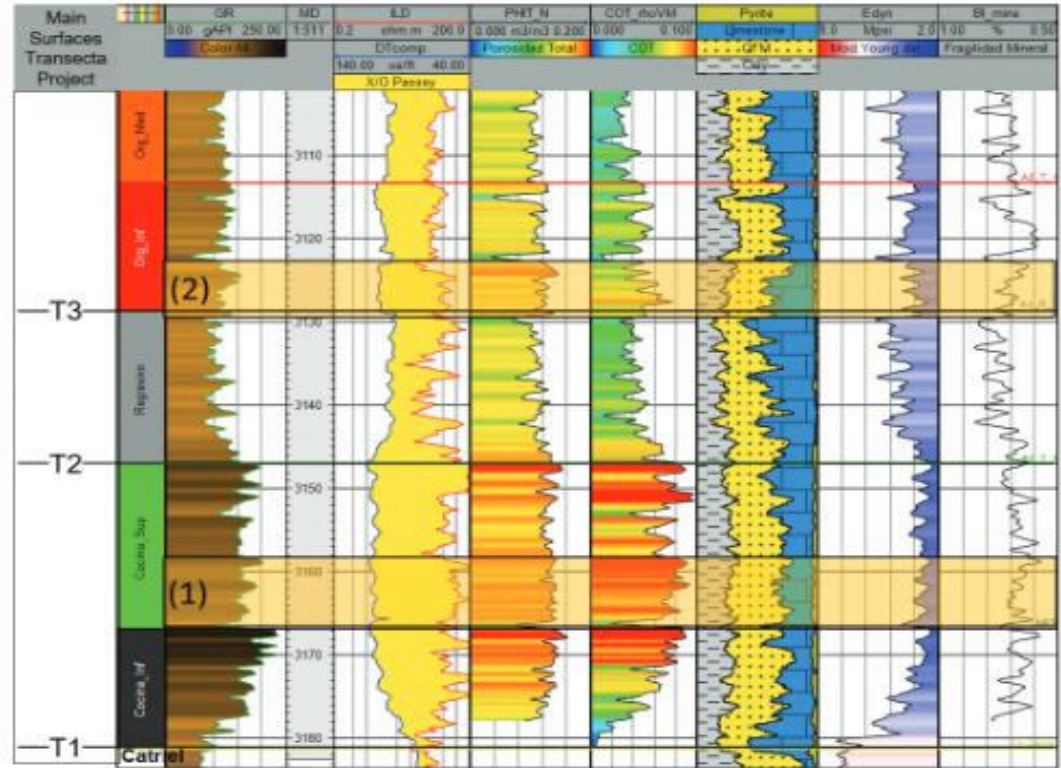
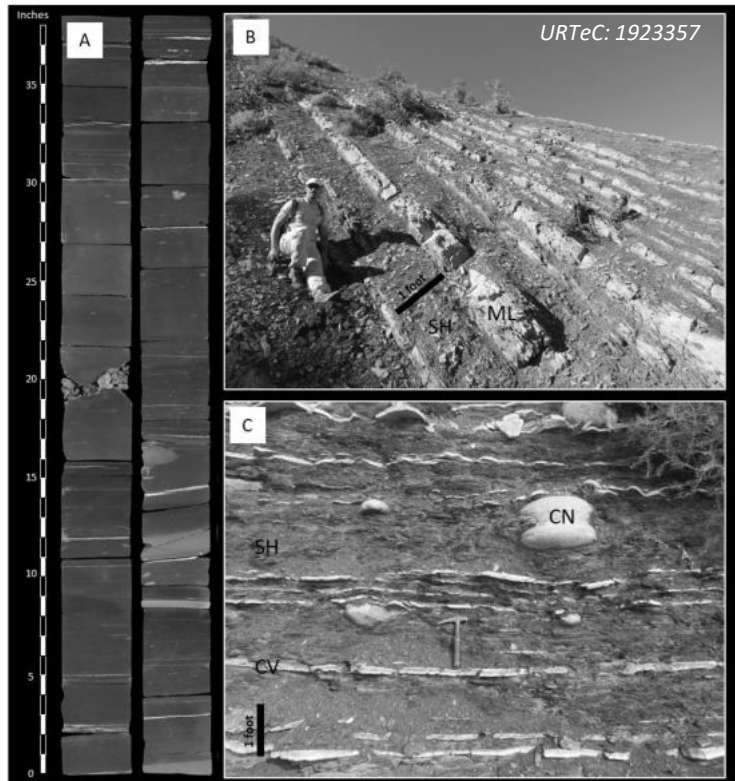


Tomado de Vittore et al., 2020

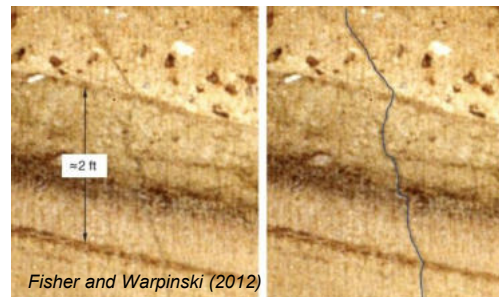
El espesor de **VM con TOC > 2%** es considerado potencial **pay**. Se analiza en **detalle** la secuencia para **definir los intervalos** con mayor potencial para **navegar los pozos horizontales**.

Evaluación de Vaca Muerta en fase de delineación

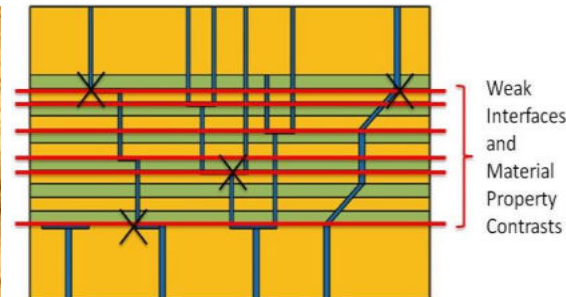
La caracterización de las **coronas** y **perfiles** resulta crítica para entender el patrón de **apilamiento** y los **contrastes de propiedades elásticas** entre capas ya que impactan en el **crecimiento en altura** de la **fracturas hidráulicas**.



Tomado de Vittore et al., 2020



Fisher and Warpinski (2012)



Clasificación YPF: No Confidencial

Evaluación de Vaca Muerta en fase de delineación

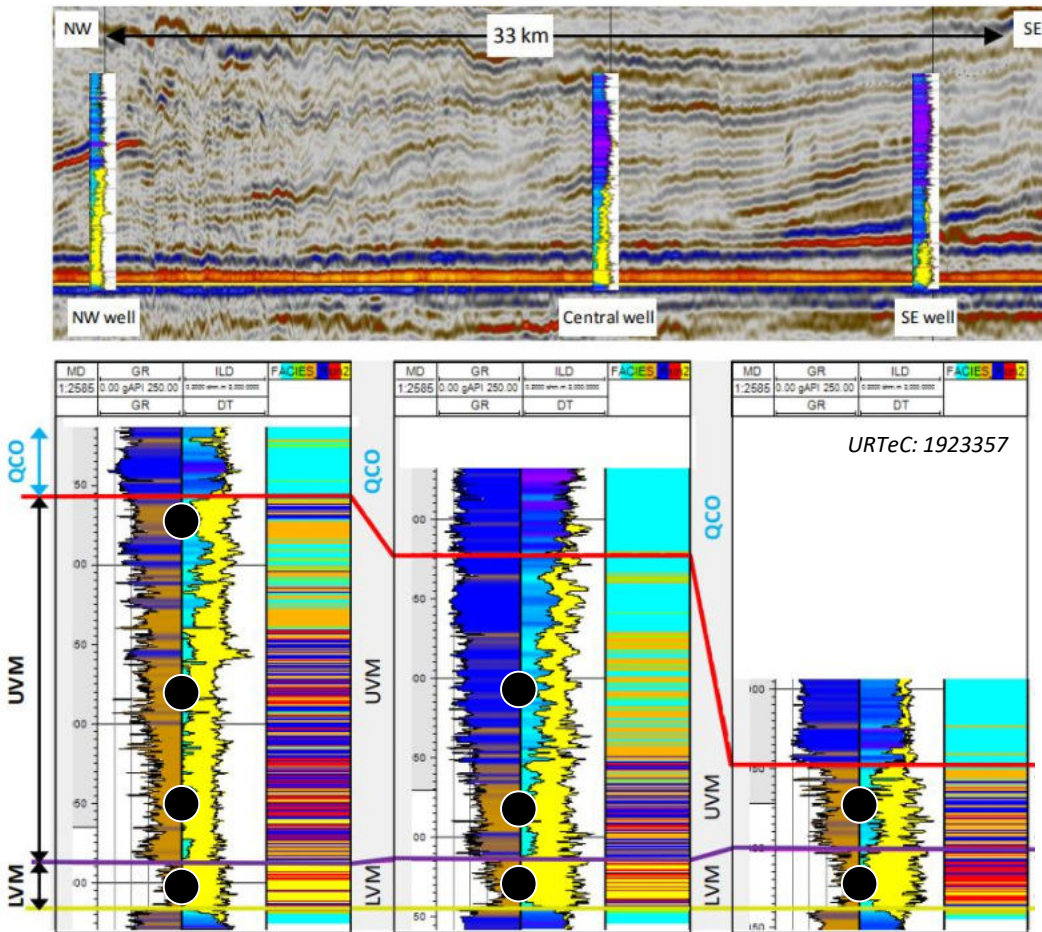
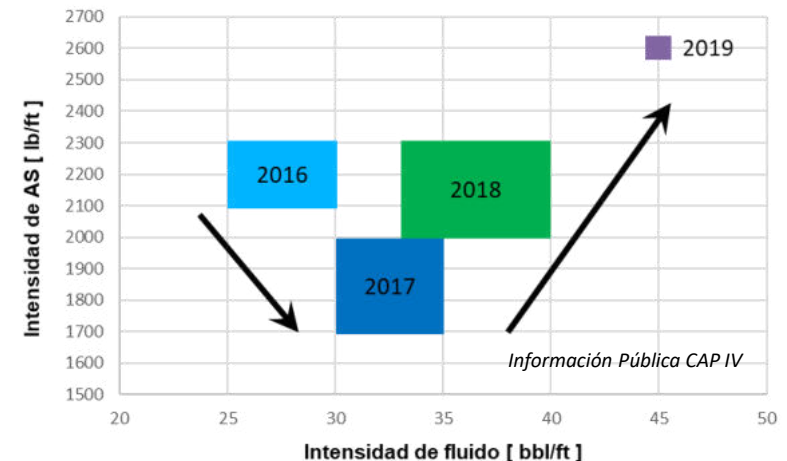


Figure 7. Stratigraphic and geographic distribution of electrofacies in three selected wells located along a NW-SE transect.

Diseño de estimulación

¿Generamos un mismo diseño de estimulación para todos intervalos de navegación?

¿Adaptamos el diseño de estimulación considerando las características del reservorio?



Desarrollo masivo

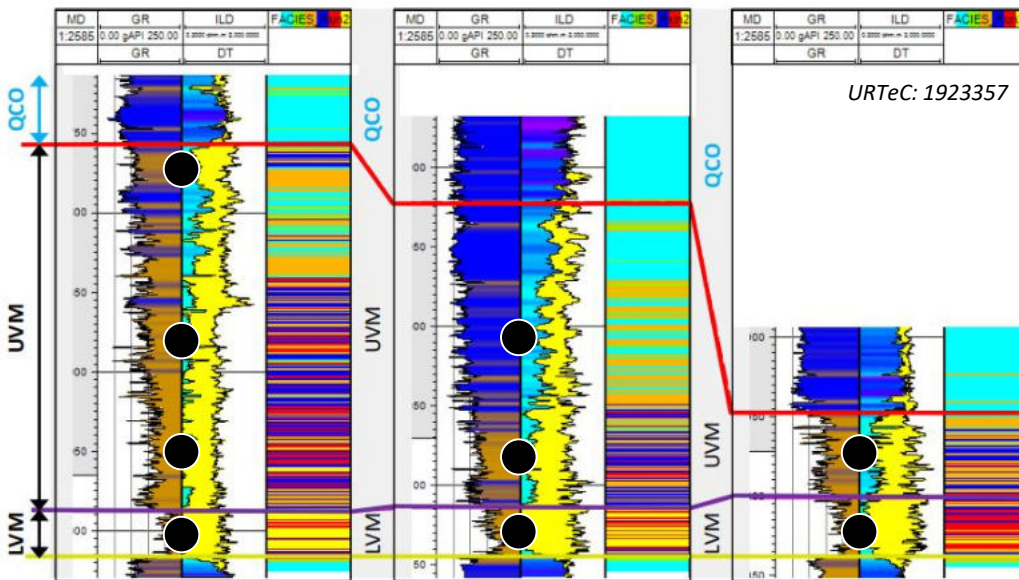
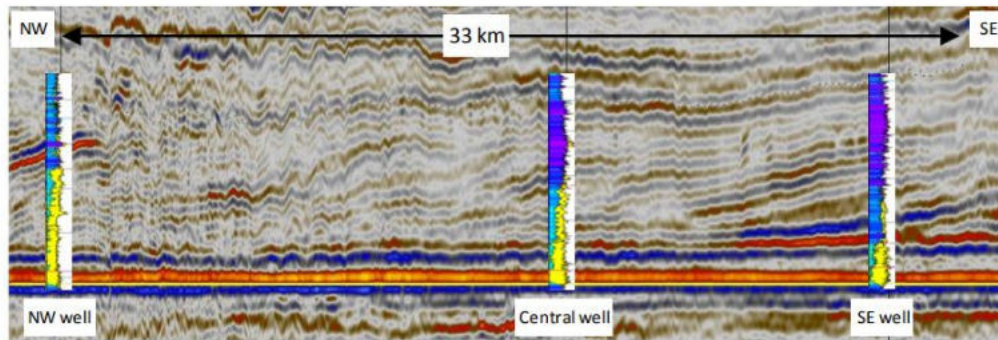
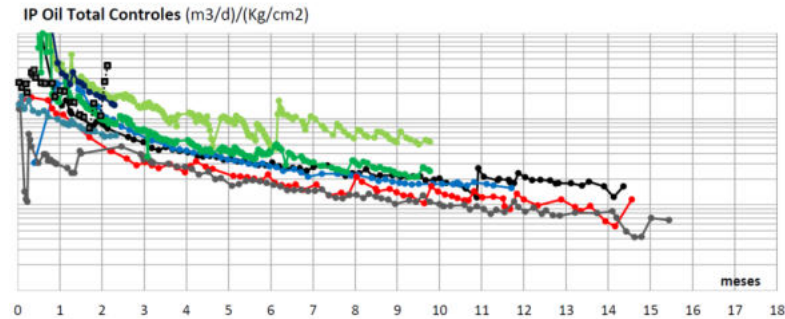


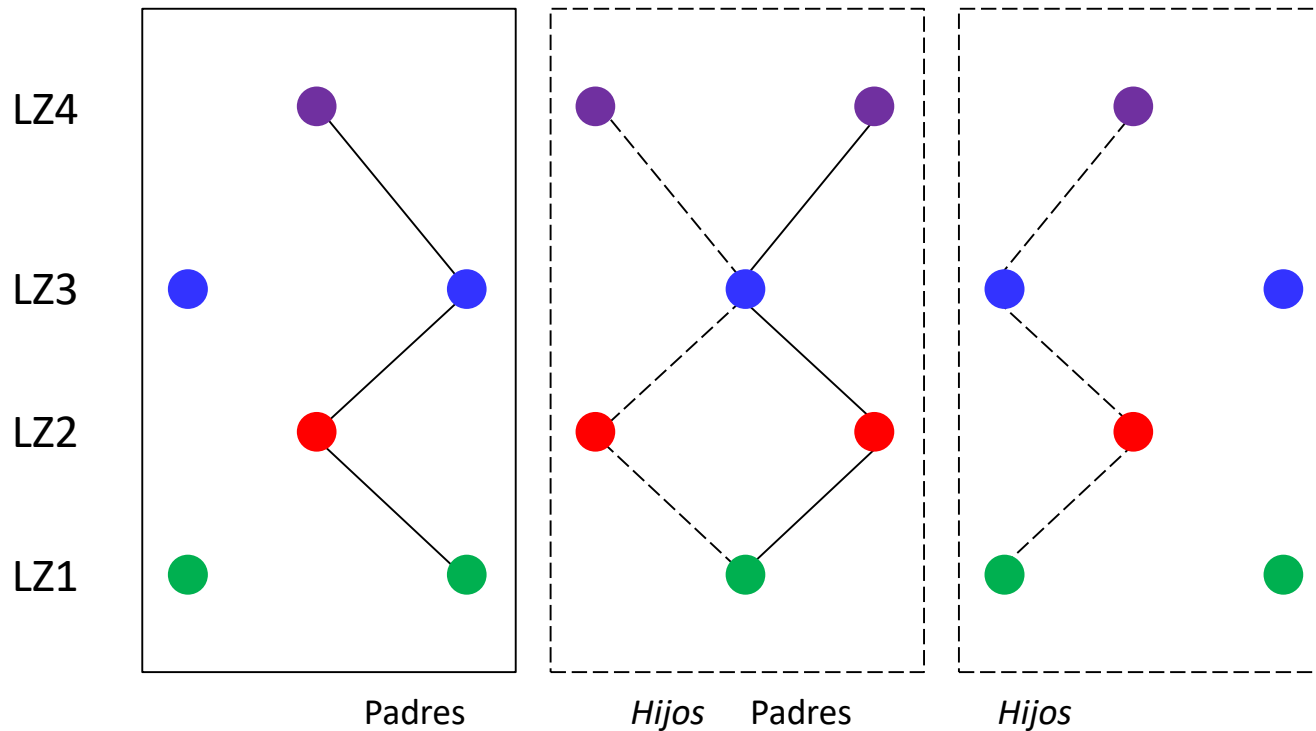
Figure 7. Stratigraphic and geographic distribution of electrofacies in three selected wells located along a NW-SE transect.



- Desarrollo simultáneo de todos los niveles de navegación.
- Desarrollamos “en capas”.
- Espaciamiento entre pozos.
- Cantidad de pozos por pad.
- Longitud de rama lateral.
- Interacción entre pozos “nuevos” y “viejos” (efecto padre/hijo).

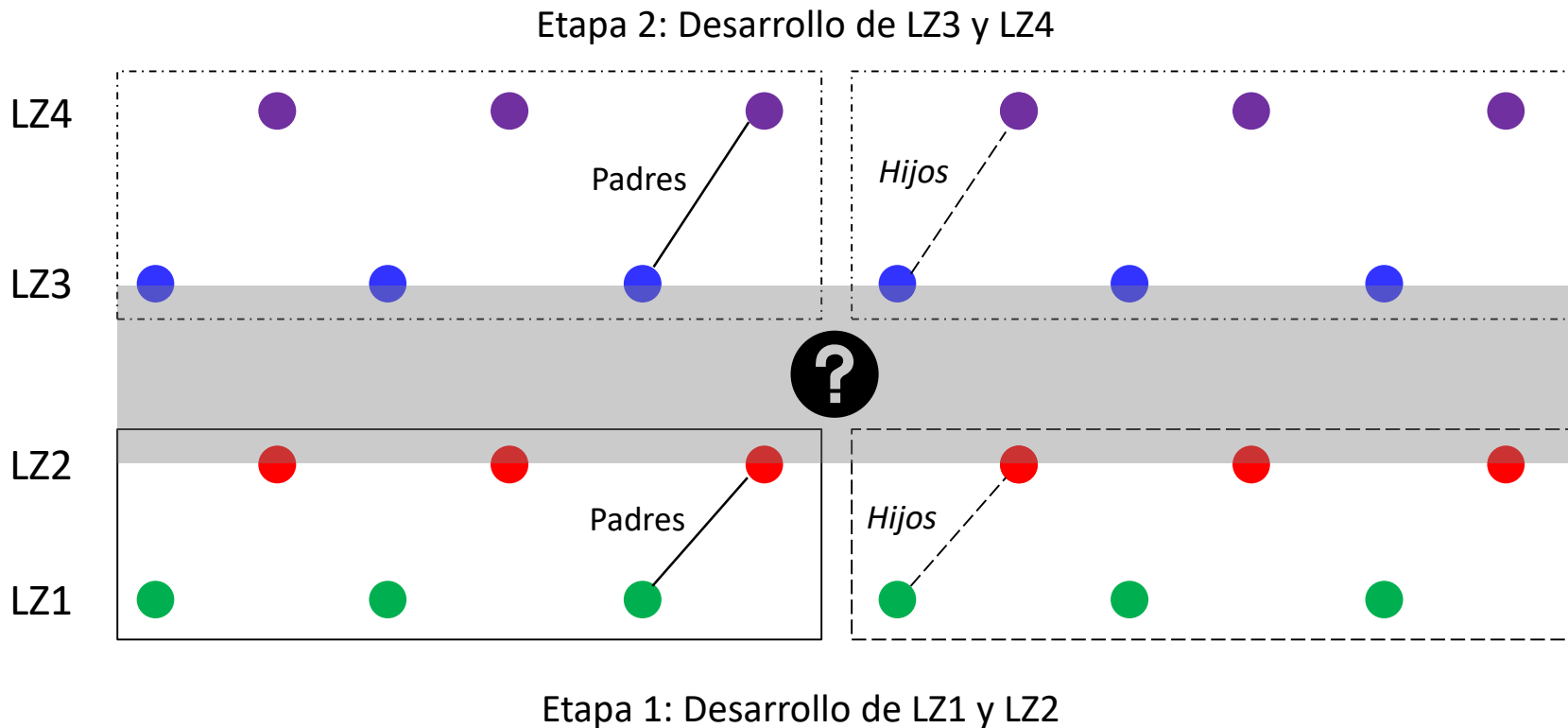
Alternativas de desarrollo masivo

6 pozos por pad – todos los niveles de navegación (LZ) a la vez



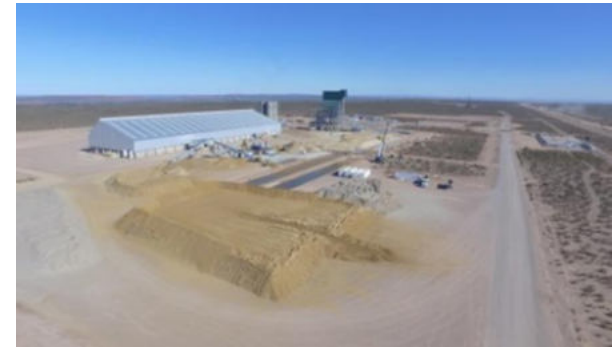
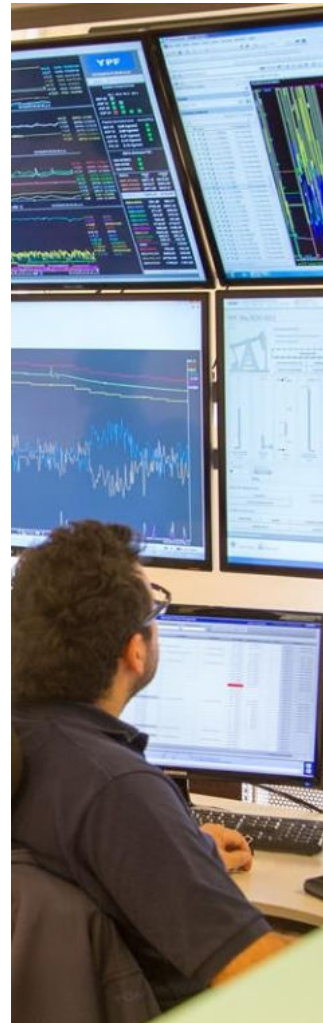
Alternativas de desarrollo masivo

6 pozos por pad – desarrollo secuenciado de niveles de navegación (LZ)



¿Qué se necesita para que el desarrollo de Vaca Muerta sea exitoso?

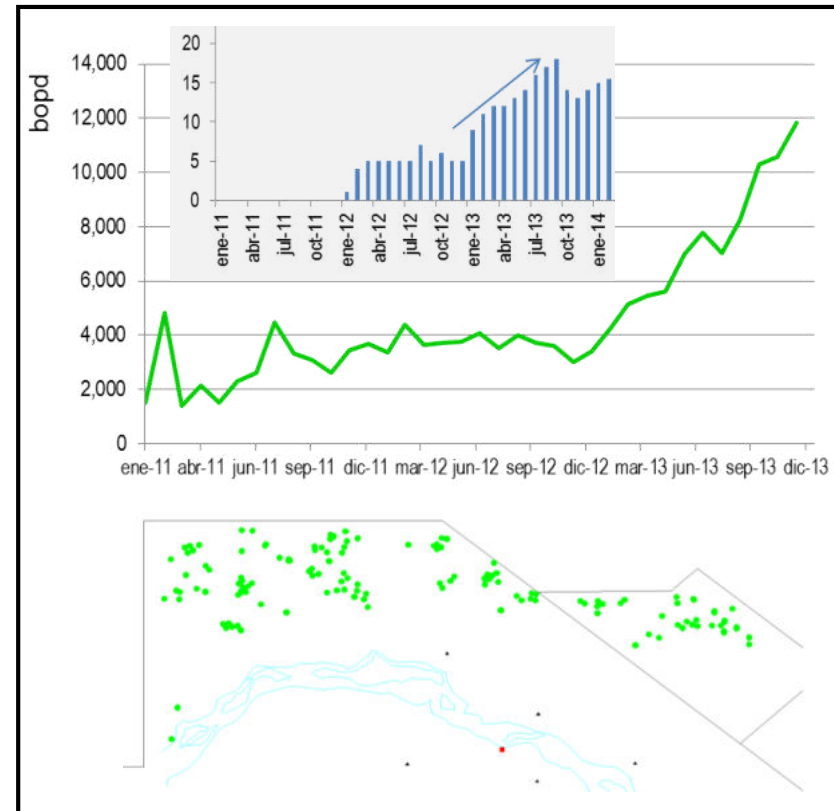
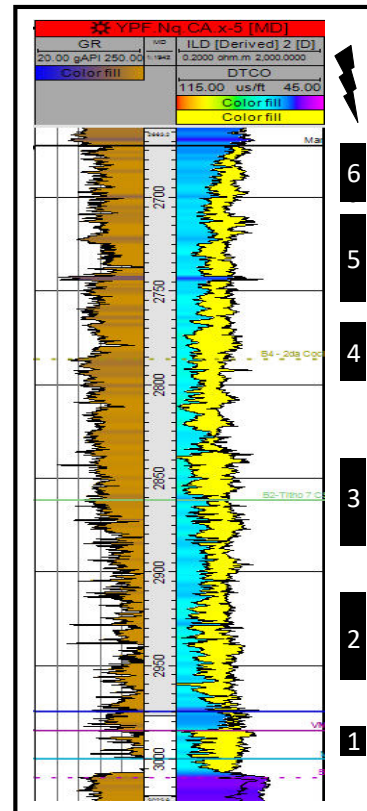
- Alta productividad de hidrocarburos
- Bajo costo de desarrollo
- Fuente local de agente sostén y agua.
- Instalaciones para el tratamiento de la producción.
- Ductos para el transporte.
- Desarrollo de infraestructura de transporte y servicios locales.
- Profesionales y técnicos capacitados.
- Interacción ordenada y cuidada con las comunidades y el medio ambiente.
- Legislación adecuada que permita economicidad tanto para la empresa como para el estado.



Línea de tiempo de Vaca Muerta en 9 clicks

2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017+

- Primeras ideas sobre *shale gas*. Recopilación de información y ranking de rocas madre en Argentina. **YPF decide focalizarse en la Fm Vaca Muerta (VM).**
- **Gran espesor de VM** en comparación con *shale plays* de USA.
- **Pozos exploratorios verticales documentan productividad en todo el espesor de VM:** Se plantea como **posibilidad el desarrollo de VM** por medio de **pozos verticales**.
- El **desarrollo temprano de VM** se aborda con una mirada simplista del subsuelo, que **no contempla el impacto de la heterogeneidad geológica**.



Línea de tiempo de Vaca Muerta en 9 clicks

2008

2009

2010

2011

2012

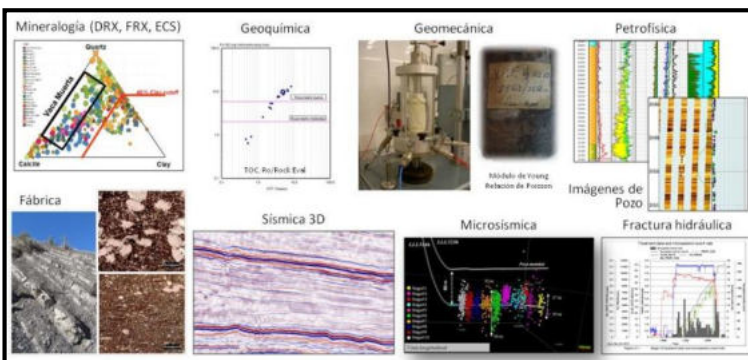
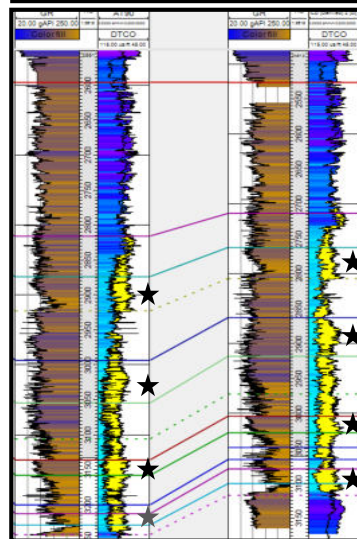
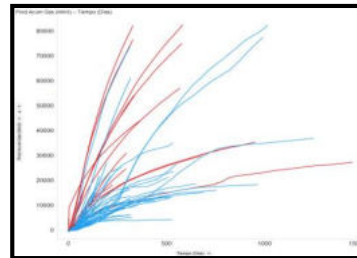
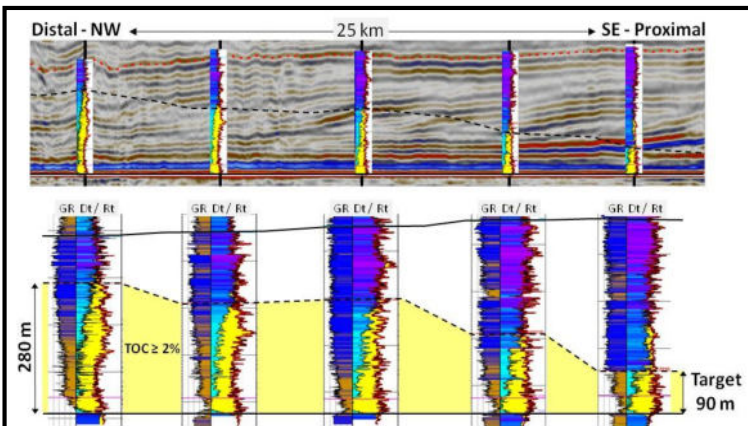
2013

2014

2015

2016

2017+



- Se reconoce que la **productividad** de los pozos se ve **afectada** por **variaciones de subsuelo**.
- Se avanza en la **caracterización de VM** integrando información de **coronas, perfiles, sísmica, ensayos de pozo, análisis de fluidos, etc.**
- Se identifican **intervalos estratigráficos (niveles de navegación)** con propiedades **petrofísicas y geomecánicas distintivas**, que presentan **buen potencial productivo**.
- Comienzan a **evaluarse** dichos **niveles de navegación** mediante la perforación de **pozos horizontales**, con **resultados exitosos**.
- Se **define** que el **desarrollo de VM** será mediante **pozos horizontales en múltiples niveles de navegación**.

Línea de tiempo de Vaca Muerta en 9 clicks



GRACIAS POR
SU ATENCIÓN

.....Para encontrarlo debes
mirar más allá de lo que ves....

<https://www.youtube.com/watch?v=oIZQfv303TE>