



Agenda

- Generalidades
 - Qué son los Reservorios no-convencionales
 - Importancia de los reservorios *Shale*
 - Aspectos básicos de la evaluación de reservorios *Shale* - Análogos
- Evaluación Petrofísica
 - Adquisición de datos en Laboratorio
 - Evaluación petrofísica de reservorios *Shale*

Reservorios No-Convencionales

Reservorios “Convencionales”

- Los reservorios convencionales son el tipo de reservorios que la industria ha estado produciendo en los últimos 150 años.
- Son principalmente, clásticos (areniscas) y carbonatos.
- No se requiere de tratamientos especiales o procesos significativos, para poner en producción primaria estos reservorios.
- Producen usando mecanismos naturales de agotamiento, como empuje de agua por ejemplo.
- Para que estos reservorios “convencionales” existan y produzcan, es necesario que se den algunas condiciones:

Reservorios No-Convencionales

Los Reservorios “Convencionales” requieren:

- Una roca madre que contenga materia orgánica
- La roca madre debe estar madura térmicamente
- Debe ocurrir expulsión de hidrocarburos desde la roca
- Debe existir una trampa para estos hidrocarburos
- Los hidrocarburos expulsados deben migrar desde la roca madre hasta la trampa

YPF

Reservorios No-Convencionales

Reservorios “No-Convencionales”

- Curiosamente, los reservorios no-convencionales han sido producidos hace más tiempo que los convencionales.
- El primer pozo comercial de gas, produjo de “Devonia Fredonia Shale” en la cuenca de Los Apalaches, en 1821. Desde entonces, hubo producciones menores de los Shales en esta cuenca, a partir de pozos verticales.
- Los tipos de mecanismos de empuje asociados con reservorios convencionales no tienen efecto en reservorios no-convencionales.

YPF

Reservorios No-Convencionales

- Los reservorios no-convencionales requieren tratamientos masivos de estimulación u otros procesos y tecnologías especiales para producir petróleo y gas en cantidades económicas.
- Los tipos de reservorios no-convencionales son:
 - Gas en vetas de carbón (Coal bed methane)
 - Petróleo y Gas en Shales
 - Gas en arenas de baja permeabilidad (Tight gas sands)
 - Petróleo pesado
 - Reservorios fracturados
 - Gas en depósitos de hidratos

YPF

Reservorios No-Convencionales

FUNDACION YPF

- Reservorios de baja permeabilidad
 - Shales
 - Tight Gas (Areniscas y Carbonatos)
- Doble Porosidad
 - Rocas naturalmente fracturadas
- Fluidos de baja movilidad
 - Petróleo pesado
- Hidrocarburos "capturados"
 - Gas en Carbon (Coal bed methane)
 - Gas en depósitos de hidratos
 - Petróleo en Shale (Minería)

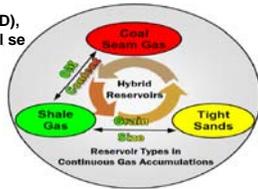
7

Reservorios No-Convencionales

FUNDACION YPF

Coal – Tight Gas – Shale

- Shale
 - Se refiere a una roca madre, rica en materia orgánica, de muy baja permeabilidad de matriz (100s de nD), típicamente anisotrópica, de la cual se puede producir gas, después de estimular.



8

Reservorios No-Convencionales

FUNDACION YPF

El Triángulo de Recursos

Reservorios convencionales
Volúmenes pequeños, fácil de desarrollar

Reservorios no-convencionales
Grandes volúmenes, difícil de desarrollar



Source: Dr. Stephen A. HUBBARD

9

Agenda

- Generalidades
 - Qué son los Reservorios no-convencionales
 - **Importancia de los reservorios Shale**
 - Aspectos básicos de la evaluación de reservorios Shale - Análogos
- Evaluación Petrofísica
 - Adquisición de datos en Laboratorio
 - Evaluación petrofísica de reservorios Shale

Reservorios No-Convencionales

Importancia de Shale Gas en US

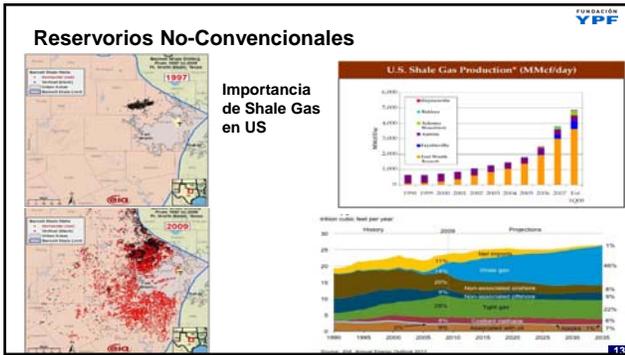
Considerable cantidad de Reservorios tipo Shale siendo estudiados y producidos

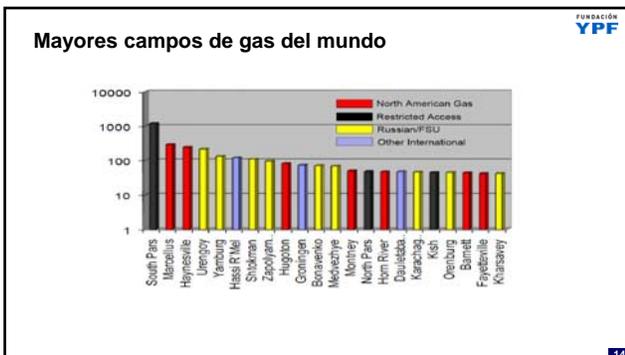
La gran actividad demuestra la importancia de este recurso



Shale Plays en USA







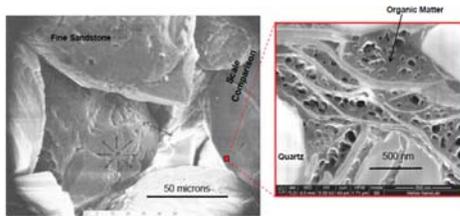
- ### Agenda
- Generalidades
 - Qué son los Reservorios no-convencionales
 - Importancia de los reservorios *Shale*
 - Aspectos básicos de la evaluación de reservorios *Shale* - Análogos
 - Evaluación Petrofísica
 - Adquisición de datos en Laboratorio
 - Evaluación petrofísica de reservorios *Shale*

Características generales de los "Shales"

- Según Bates y Jackson (1987):
 - *Las lutitas (Shales) son rocas sedimentarias detríticas de grano fino, formadas por la consolidación de arcillas (<4 micrones), limo y/o fango, que se caracterizan por presentar laminación fina y consecuente fisilidad paralela.
 - *Las fangolitas (mudstones) son rocas sedimentarias de grano fino, con proporción de arcilla y limo similar, que se caracterizan por ser masivas.
- Según Passey et al (2010):
 - *El término shale ha sido aplicado para describir una gran variedad de rocas constituidas por partículas extremadamente finas (<4micrones) con contenido variable de partículas tamaño limo y de composición mineralógica muy amplia. Por lo tanto, en muchos casos, es apropiado definir las como mudstones.
- En español típicamente ARCILLAS oscuras (o Lutitas) debido a su contenido de materia orgánica



Características generales de los "Shales"



Fotografía SEM de una arenisca de grano fino (izquierda) y una roca rica en materia orgánica (Barnett Shale) (derecha).

Evaluación Shale

Porqué estudiar los reservorios Shale

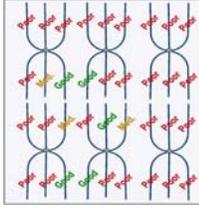
- Las lutitas han sido estudiadas durante décadas. Sin embargo, estos estudios han estado casi exclusivamente enfocados en las lutitas como rocas madre y sello.
- Solo en los últimos años, la industria comenzó a estudiar los Shales como reservorios
- Anteriormente, durante el "boom" de los Shale, muchas compañías operadoras pensaban que no era necesario estudiarlos, porque creían que eran rocas homogéneas y que producirían lo mismo en cualquier lado.

Evaluación Shale

FUNDACIÓN
YPF

Porqué estudiar los reservorios Shale

- Esta forma de pensar resultó en el desarrollo de las prácticas de perforación utilizadas en los primeros años del desarrollo de estos reservorios.
- Este enfoque se conoce como "Perforación estadística"
- Con esta metodología se perforan un gran número de pozos horizontales con una distribución regular y se completan de la misma manera.
- El resultado es un gran número de productores con bajo desempeño y unos pocos buenos productores.



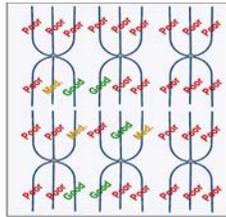
19

Evaluación Shale

FUNDACIÓN
YPF

Porqué estudiar los reservorios Shale

- Este "Enfoque estadístico de perforación" resulta costoso debido a la gran cantidad de pozos horizontales a perforar con sus respectivas completaciones
- Puede funcionar económicamente en algunos reservorios, pero no en otros.



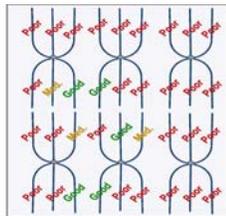
20

Evaluación Shale

FUNDACIÓN
YPF

Porqué estudiar los reservorios Shale

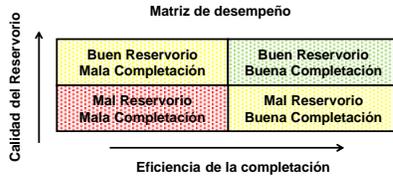
- Después de unos pocos años de perforación y más fracasos que éxito, los operadores se dieron cuenta que no todos los Shale son iguales.
- Las variaciones significativas en producción demostraron que, de hecho, son:
 - Heterogéneos
 - Complejos por naturaleza
- Y que deben ser estudiados para perforarlos y completarlos con éxito económico.
- Además debemos estudiarlos para poder establecer "Analogías"



21

Evaluación Shale

FUNDACIÓN
YPF



22

Evaluación Shale

FUNDACIÓN
YPF

Geoquímica

- Se realiza para identificar y mapear áreas de alto TOC
- Caracteriza la madurez térmica
- Calidad de la materia orgánica
- Asiste al modelo de análisis mineralógico en la consideración de componentes de baja densidad

23

Evaluación Shale

FUNDACIÓN
YPF

Petrofísica

- Permite determinar la calidad del reservorio desde el punto de vista de los volúmenes de fluidos y de la composición mineralógica
- Involucra tanto el análisis con perfiles de pozo, la información de control geológico y los estudios de laboratorio

24

Evaluación *Shale*

Geomecánica

- Determina el régimen de esfuerzos en el área de estudio
- Determina las propiedades mecánicas de las rocas
- Ayuda a determinar el modelo de presiones
- Fundamental para el diseño de la estimulación hidráulica

25

Evaluación *Shale*

Para la identificación de áreas prospectivas del *Shale* es necesario evaluar los siguientes parámetros de los reservorios con potencial:

1. Madurez térmica suficiente
2. Carbono orgánico total suficiente
3. Espesor y extensión
4. Capacidad de adsorción (fracción de gas adsorbido)
5. Porosidad y Saturación (fracción de gas/petróleo libre)
6. Sobrepresión
7. Fracturabilidad (mineralogías propicias a la estimulación hidráulica)
8. Baja anisotropía de esfuerzos
9. Profundidad

26

Reservorios Análogos

- Cuando se está en la etapa de evaluación, en la prueba piloto o en etapas tempranas de delimitación y desarrollo de un "shale gas", es muy común que ciertos parámetros del reservorio sean escogidos de reservorios análogos que están más desarrollados y maduros.
- No obstante, en algunas áreas geográficas la experiencia es escasa o nula en cuanto a desarrollo debido a que muchas de ellas recién se encuentran en la etapa prospectiva o en pruebas piloto de extensión areal muy limitada.

27

Reservorios Análogos

FUNDACIÓN
YPF

- En la regulación S-X 210.4-10 de la SEC se puede hallar una definición de reservorio análogo que se aplica para la estimación de reservas.
- En ella se establece que un reservorio análogo es el que posee similares propiedades de roca y fluido, condiciones de reservorio (profundidad, temperatura y presión) y mecanismo de drenaje, pero está en un estado más avanzado de desarrollo que el reservorio de interés y, por ello, puede aportar conceptos para la interpretación de un conjunto de datos más limitados y para la estimación del factor de recobro.
- Luego se especifica que para reservas probadas, un reservorio análogo debe compartir las siguientes características con el reservorio de interés:
 - 1) la misma formación geológica pero no necesariamente en comunicación con el reservorio de interés,
 - 2) el mismo ambiente de depositación,
 - 3) la misma estructura geológica y
 - 4) similar mecanismo de recobro ("drive mechanism").
- Establece finalmente que las propiedades del reservorio análogo no deben ser, en el agregado, más favorables que las del reservorio de interés.

28

Reservorios Análogos

FUNDACIÓN
YPF

- La industria discute actualmente la aplicación del criterio de distancia, entre el reservorio de interés y el análogo.
- En efecto, esto es algo que la SEC y la SPE han dejado un tanto abierto a interpretaciones, porque en sus respectivas normas y lineamientos no existen definiciones explícitas sobre el tema.
- Es posible que los técnicos adopten conceptos de reservorios más maduros para estimar algunos parámetros del reservorio de interés, dando prioridad a ciertas características geológicas y petrofísicas sin priorizar la distancia que media entre ambos.
- Se ha comprobado que esto ha llevado a comparar reservorios situados en cuencas muy distantes y lejanas, que hasta pueden pertenecer a continentes diferentes.
- Para comparar, por ejemplo, la productividad, la performance o los parámetros definitivos de la volumetría, esto no sería aceptable cuando se pretende registrar las reservas probadas de una compañía, tomando en cuenta el requisito de la SEC de que para registrar reservas probadas el reservorio análogo debe compartir la misma formación geológica con el reservorio de interés.
- Para aplicar un criterio diferente, se considera que el registrante deberá demostrar "certeza razonable" en las estimaciones.

29

Reservorios Análogos

FUNDACIÓN
YPF

- Como se puede apreciar, establecer una buena analogía no resultará sencillo en "shale gas".
- Estos reservorios producen luego de ser estimulados y la respuesta a las estimulaciones ha sido variable. Para establecer una analogía y asegurar que los resultados post-estimulación serán los mismos, el tipo de estimulación a comparar debe guardar similitud con la aplicada en el reservorio de interés y se debe demostrar que su diseño ha sido probado y ha brindado certeza razonable en los resultados, con consistencia y repetibilidad, en un reservorio análogo al reservorio de interés.
- Es muy importante comparar métodos de extracción similares; la productividad de un pozo horizontal normalmente no será similar a la de uno vertical, por lo cual para aplicar la relación productividad horizontal/vertical de un área más desarrollada en áreas nuevas, habrá que contar con datos repetitivos y confiables que lo permitan.
- Ciertos datos como la medición del contenido de TOC, la madurez del kerógeno, el contenido de gas adsorbido (Langmuir), el contenido de gas total ("canister desorption") son propiedades importantes de estos reservorios, por lo cual deben ser tomados en cuenta para establecer una analogía.

30

Propuesta de pozo exploratorio



2. SUMARIO EJECUTIVO

..... "el intervalo de la Fm Vaca Muerta con potencial como "shale" ha sido evaluado geoquímica, petrofísica, geofísica y geológicamente. Se estima un espesor útil de 471 m con COT que varía entre 2,8 y 4,0 %, representado por dos intervalos: un intervalo superior con un espesor estimado de 130 metros y una zona inferior con un espesor estimado de 341 metros. En ambos intervalos la madurez térmica correspondería a la ventana de gas seco." "En lo que respecta a composición mineralógica de la Fm Vaca Muerta, la fracción silicoclástica (cuarzo + feldespatos) varía entre un 20 y un 60%, relación similar a la de carbonatos y un contenido máximo de 35% de arcillas (indicando buenas condiciones de fracturabilidad de la roca)."

14
