

# Potencial de Recursos No Convencionales de Gas Natural. Tecnología en los Yacimientos

Alicia Arenillas González

Instituto Geológico y Minero de España (IGME)



**Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 2012)**  
Madrid del 26 al 30 de noviembre de 2012

**Grupo de trabajo Explotación de gas no convencional (GT-13)**

# Potencial de Recursos No Convencionales de Gas Natural

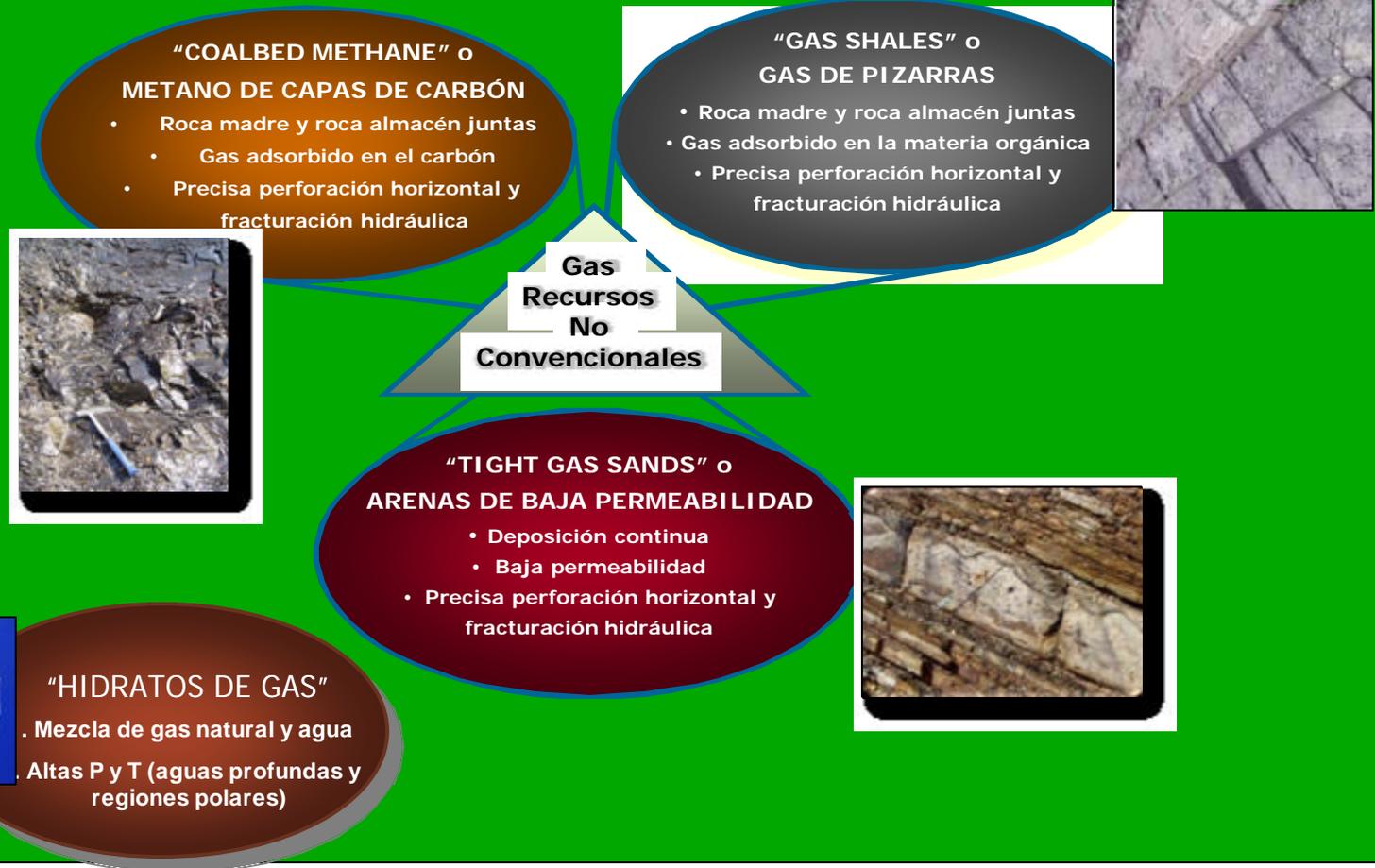
## Tecnología en los Yacimientos

- 01. Gas no convencional . Tipos y características**
- 02. Potencial de RNC de Gas Natural en el Mundo y en España**
- 03. Tecnología en los Yacimientos de Gas No Convencional**

## ¿Qué son los recursos no convencionales de gas natural?

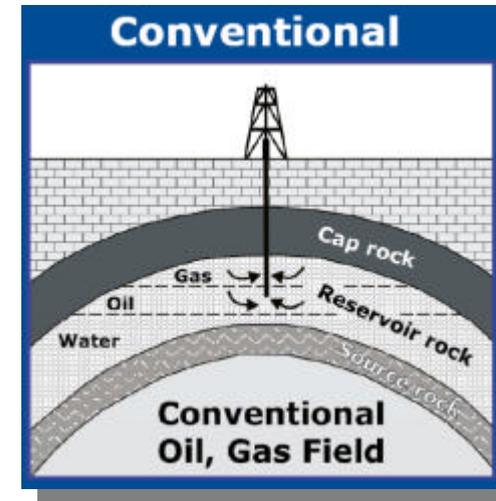
- La Agencia Internacional de la Energía define el gas no convencional como el “gas que es tecnológicamente más difícil o más caro de producir que el gas convencional”.
- Una definición generalmente aceptada por la industria es la de “reservas que no tienen una producción de gas natural económicamente rentable salvo que se utilicen tratamientos de estimulación o procesos y tecnologías especiales de recuperación”.

## Tipos de recursos no convencionales de gas natural



## Recursos convencionales VS Recursos no convencionales

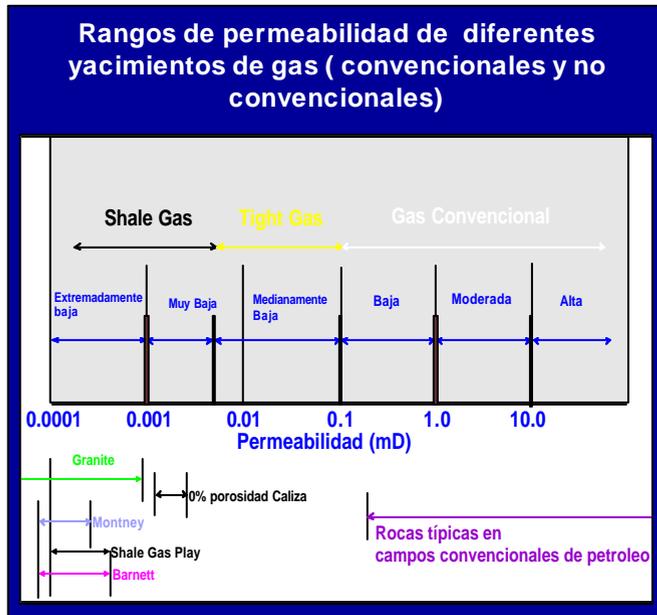
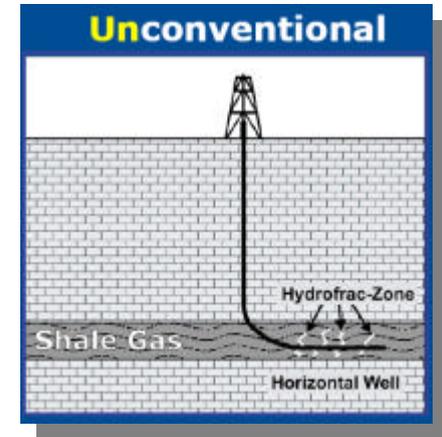
En un **yacimiento convencional**, el gas natural se encuentra atrapado en una estructura de roca porosa limitada por una capa de roca impermeable que evita que el gas escape a la superficie (trampas estratigráficas o estructurales).



**Concepto de “Petroleum System”** : “para que haya un yacimiento de hidrocarburos (petróleo o gas) hace falta una **roca madre**, una **roca almacén** y una **roca sello**. Además es preciso que haya habido un proceso generador de trampas estratigráficas o estructurales, junto con un proceso de **migración** y acumulación de hidrocarburos en las mencionadas **trampas**”.

## Recursos convencionales VS Recursos no convencionales

Los **yacimientos no convencionales** suelen ser continuos, consistentes en una acumulación de capas sedimentarias de baja permeabilidad (micro- o nanodarcies) saturadas de gas.

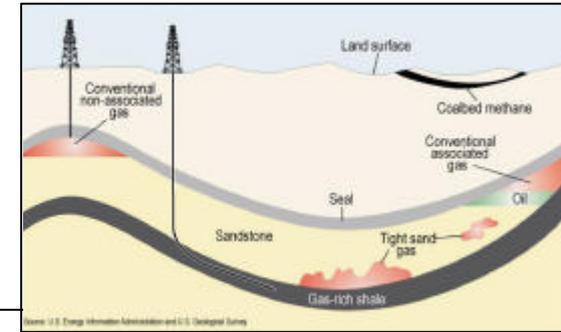


- Pueden producir hidrocarburos en cantidades comerciales si se consigue desarrollar una red de fracturas artificiales (**fracturación hidráulica**)

Fuente: Adaptada de Pflug (2009)

## Pirámide de los recursos de gas natural

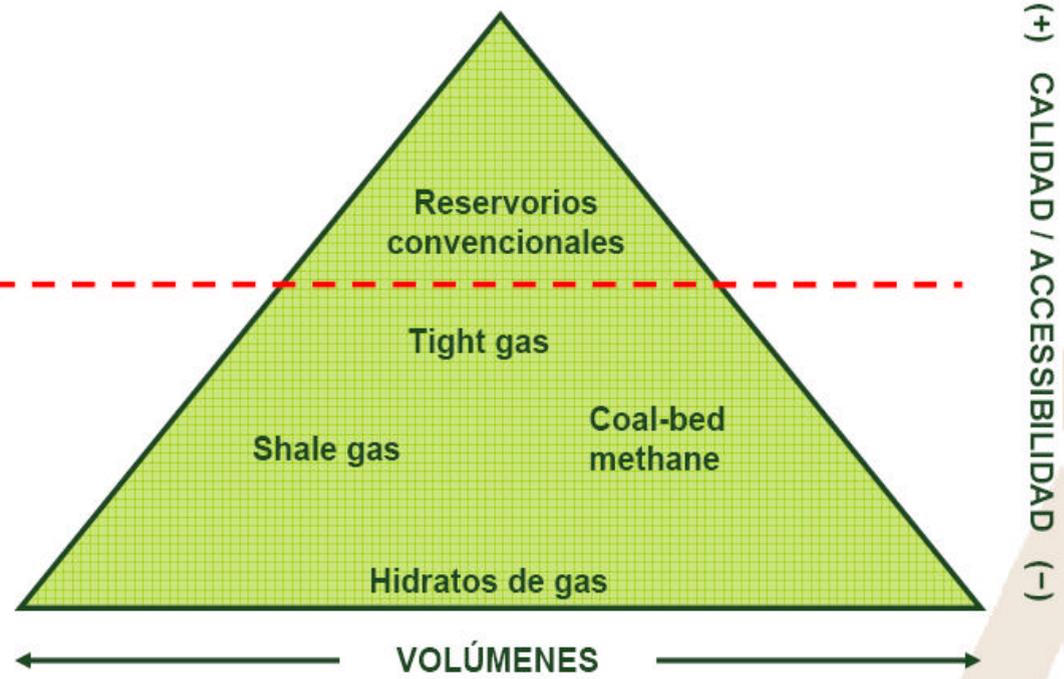
Clasificación de los principales recursos convencionales y no convencionales de gas natural, según su potencial



- Volúmenes menores
- Difícil de encontrar (alto riesgo exploratorio)
- Mas fácil de desarrollar

---

- Volúmenes mayores
- Menor riesgo exploratorio
- Necesidad de nuevas tecnologías
- Costos de producción son determinantes





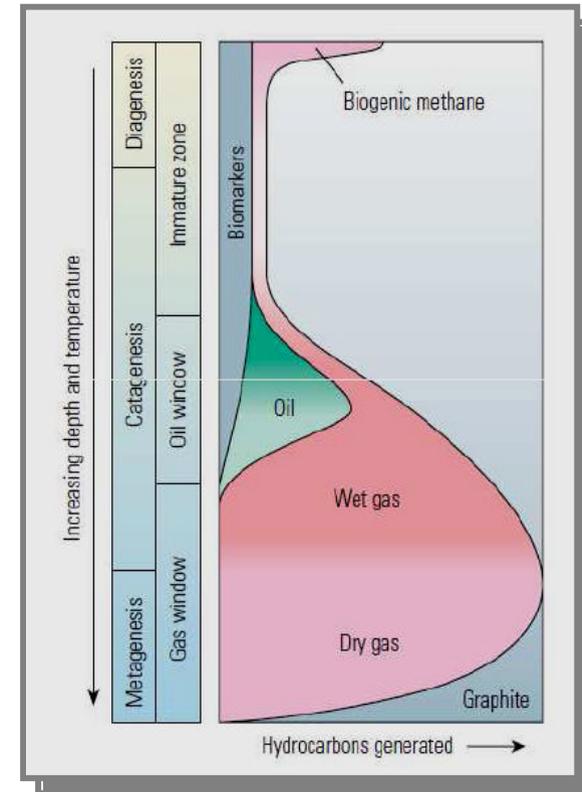
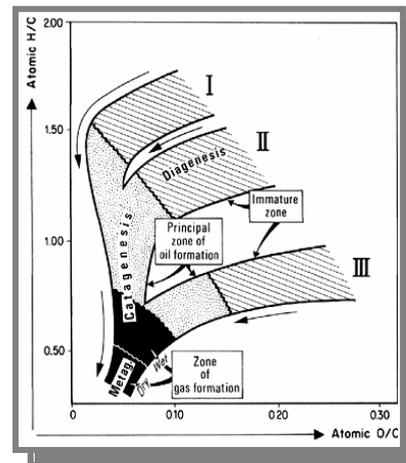
Las lutitas deben ser rocas madre maduras



la evolución térmica de la m.o. debe haber alcanzado la **ventana de generación de gas**

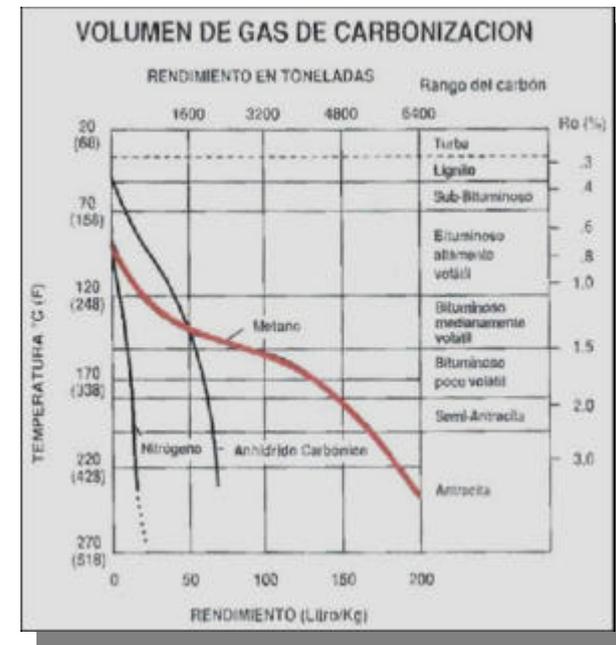
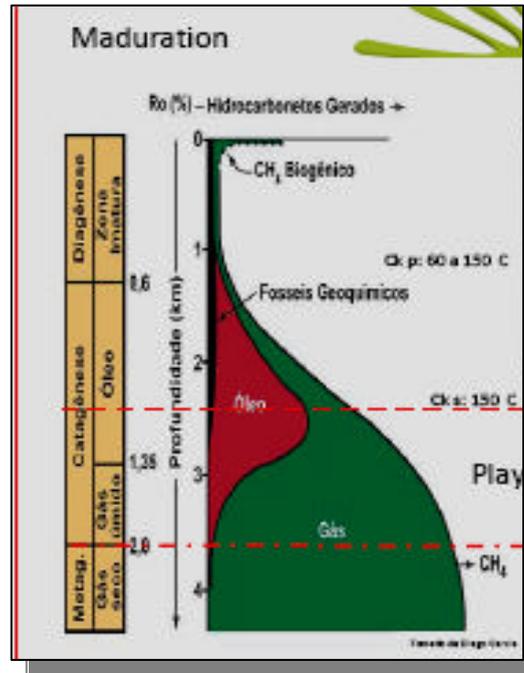
➤ La profundidad a la cual se genera el gas depende de:

- ✓ historia geológica
- ✓ gradiente geotérmico
- ✓ tipo de kerógeno



## Generación del gas en el carbón

### Carbonización y Generación de metano

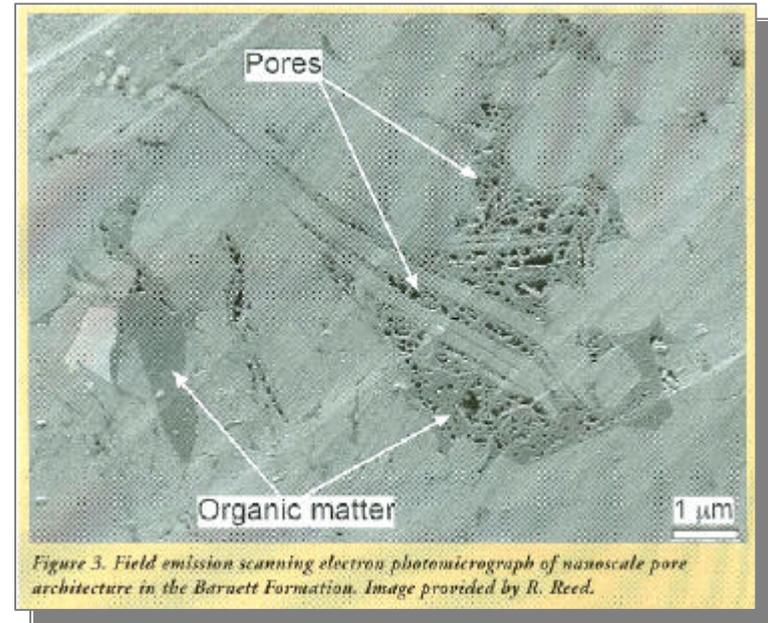


- Diagénesis (T< 50 °C): CH<sub>4</sub> biogénico
- Catagénesis (T> 50 °C): CH<sub>4</sub> termogénico

Generación de gas termogénico:  
función del grado de maduración del carbón

## Acumulación del gas en las lutitas y en las capas de carbón

- **Gas adsorbido**
  - ✓ En los componentes orgánicos
  - ✓ En la superficie de minerales arcillosos
- **Gas libre**
  - ✓ Microporos
  - ✓ Fracturas
  - ✓ Fisuras



-El gas libre puede producirse inmediatamente

-El gas adsorbido necesita una disminución de presión mediante la retirada de agua

Desde el punto de vista de los yacimientos no convencionales,

- Los yacimientos de **shale gas y de CBM**,
  - ✓ actúan como: roca madre, roca almacén y roca sello
  - ✓ contienen gas almacenado en forma de: gas libre y gas adsorbido
- Los yacimientos de **tight gas**,
  - ✓ el gas se encuentra únicamente en estado libre (en fracturas y poros de formaciones con muy baja permeabilidad)
  - ✓ procede de rocas madres muy próximas (proceso de migración)



Shale gas

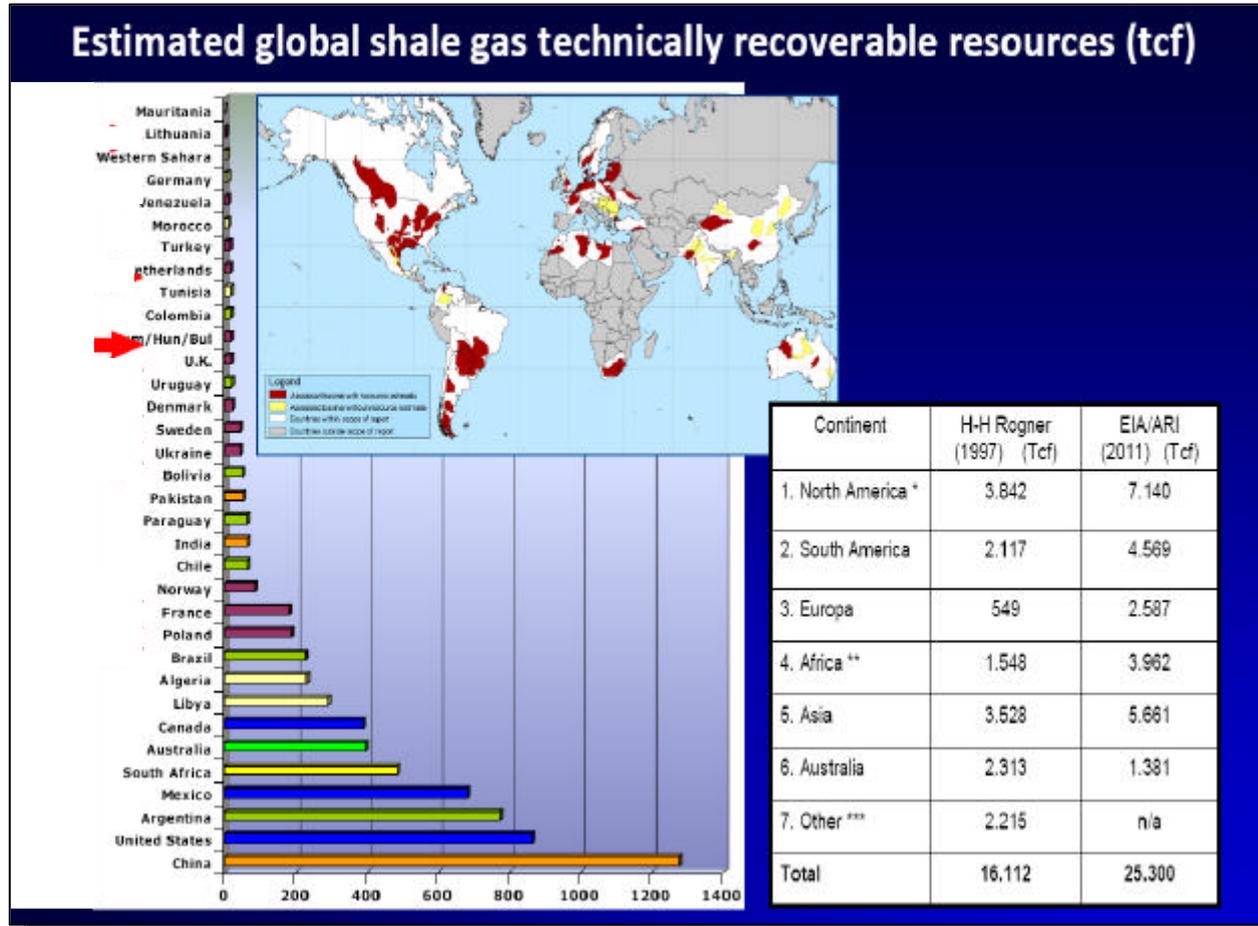


Coalbed methane



Tight gas

## Recursos mundiales



Recursos técnicamente recuperables de shale gas.

Fuente: EIA (US Energy Information Administration), 2011

➤ Informe “***Are we entering a golden age of gas?***” (“¿Estamos entrando en una edad de oro del gas?”), nov.2011, **Agencia Internacional de la Energía (IEA)** :

- ✓ Reducción de la importancia del petróleo y del carbón e **incremento de la del gas**
- ✓ Previsiones para 2035:
  - la proporción de gas en el mix energético ascendería del actual 21% al 25%
  - el gas no convencional supondría el 20% de la producción total frente al actual 12%.

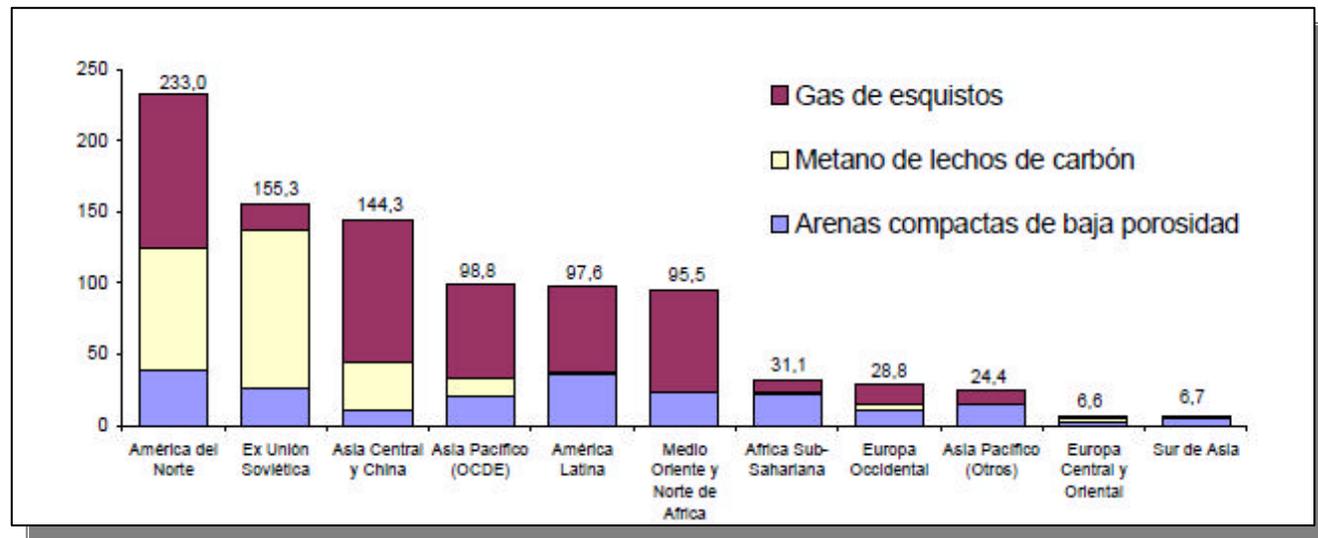
✓ Nuevas estimaciones:

**recursos de gas** (convencional y no convencional) **equivalentes a casi 250 años del actual consumo mundial de gas**, cifrando en aproximadamente **la mitad de los mismos la aportación del gas no convencional.**

## Distribución de los recursos de gas no convencional por regiones

Las reservas mundiales de gas no convencional son abundantes, y su evolución reciente está caracterizada por una creciente **diversificación geográfica**, por lo que la oferta no debería constituir una restricción en el corto y mediano plazo.

**Rusia y China concentran casi el 43%, América del Norte el 23%, América latina el 12,3%, y Oriente Medio sólo el 5,7%.**



Recursos Mundiales No Convencionales de Gas Natural por Región (10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>).

Fuente: Roberto D. Brandt, Buenos Aires, Noviembre de 2010

## Recursos en Europa

**GASH**

- primera iniciativa importante de investigación en Europa, se centra en shale gas
- coordinado por el GFZ alemán
- objetivos:
  1. base de datos europea de Shale Gas
  2. investigación sobre los factores que gobiernan la formación de shale gas



Casi la mitad de las reservas estimadas en Europa se concentran en dos países:

**Polonia**, con un **29% del total europeo** (menos del 3% de las reservas mundiales).

**Francia**, con un **28% del total europeo**

Investigación de Recursos no convencionales de gas en Europa

Fuente: Boyer, C. et al, 2011

## Diferentes posturas ante el uso de la fracturación hidráulica

### • Fuera de la Unión Europea

#### ➤ Estados Unidos:

- Agencia de Protección Ambiental (EPA) anunció en marzo de 2010 la puesta en marcha de una investigación sobre los potenciales impactos negativos que la técnica de fractura hidráulica puede tener sobre la calidad del agua y la salud pública.
- Moratorias en algunos estados como Vermont, Nueva York o Nueva Jersey

#### ➤ Sudáfrica y Québec (Canadá):

- Moratorias a la espera de resultados de estudios medioambientales

## ● En Europa

### ➤ Francia:

en 2011, prohibición de la exploración y explotación de yacimientos de HC líquidos o gaseosos mediante la técnica de fractura hidráulica ( ley 835/2011)

### ➤ Dinamarca, Bulgaria y República Checa:

aprobación de moratorias a lo largo de 2012

### ➤ Rumania y Austria:

debate sobre posibles moratorias

### ➤ Polonia:

- ha afirmado su objetivo de ser el país de la UE pionero en el aprovechamiento de las shale gas
- ha anunciado la publicación de una ley específica que regule esta actividad

### ➤ Reino Unido:

- ha decidido recientemente reanudar las exploraciones (tras casi un año retenidas) para resolver las dudas suscitadas por esta técnica
- ha propuesto generar un régimen fiscal favorable

## Recursos en España

- ◆ El potencial, por pequeño que fuera, resultaría más que interesante para un país como España que importa prácticamente el 99% de sus hidrocarburos.
- ◆ País semiexplorado en materia de HC convencionales (en comparación con el resto de países europeos) y en una etapa muy temprana en la prospección recursos no convencionales.
- ◆ Contiene áreas sin explorar, ambientes de deposición, historiales de enterramiento y regímenes de presión análogos a los de otros países en los que se están desarrollando proyectos de explotación de gas no convencional, tal y como demuestran las primeras investigaciones realizadas.

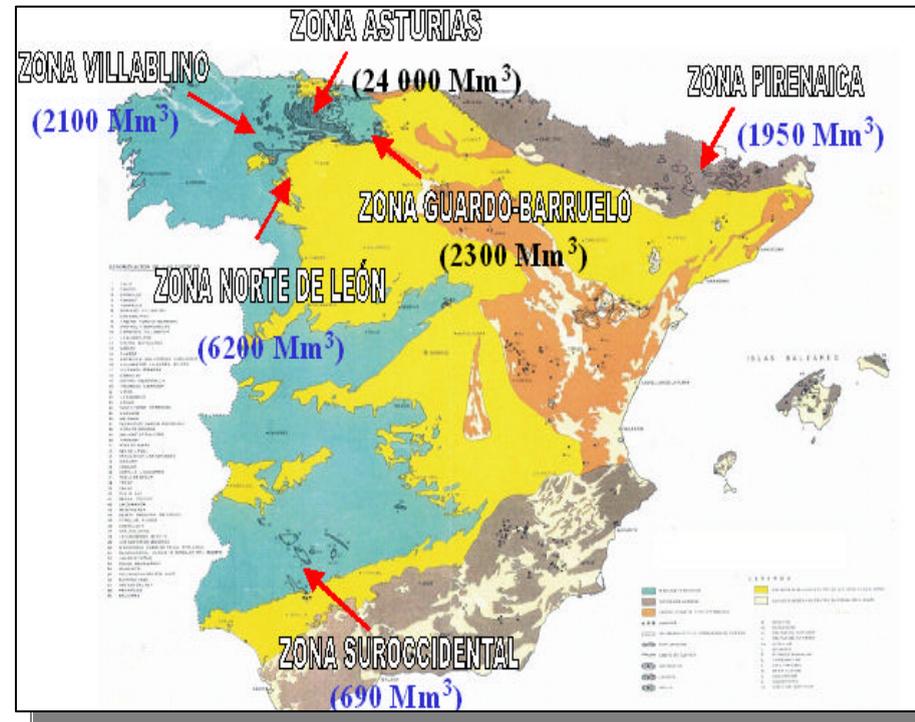


## Recursos de metano en capa de carbón (CBM) en España

### ● Inventario de Metano en Capa de Carbón (CBM)

-Realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el 2004

-Análisis de las posibilidades de las principales cuencas carboníferas: Asturias, zona norte de León, Villablino, Pirineos, Guardo-Barruelo y zona suroccidental.



## Recursos de shale gas en España

### ◆ Las principales posibilidades de Shale gas en España:

**se localizan en:**



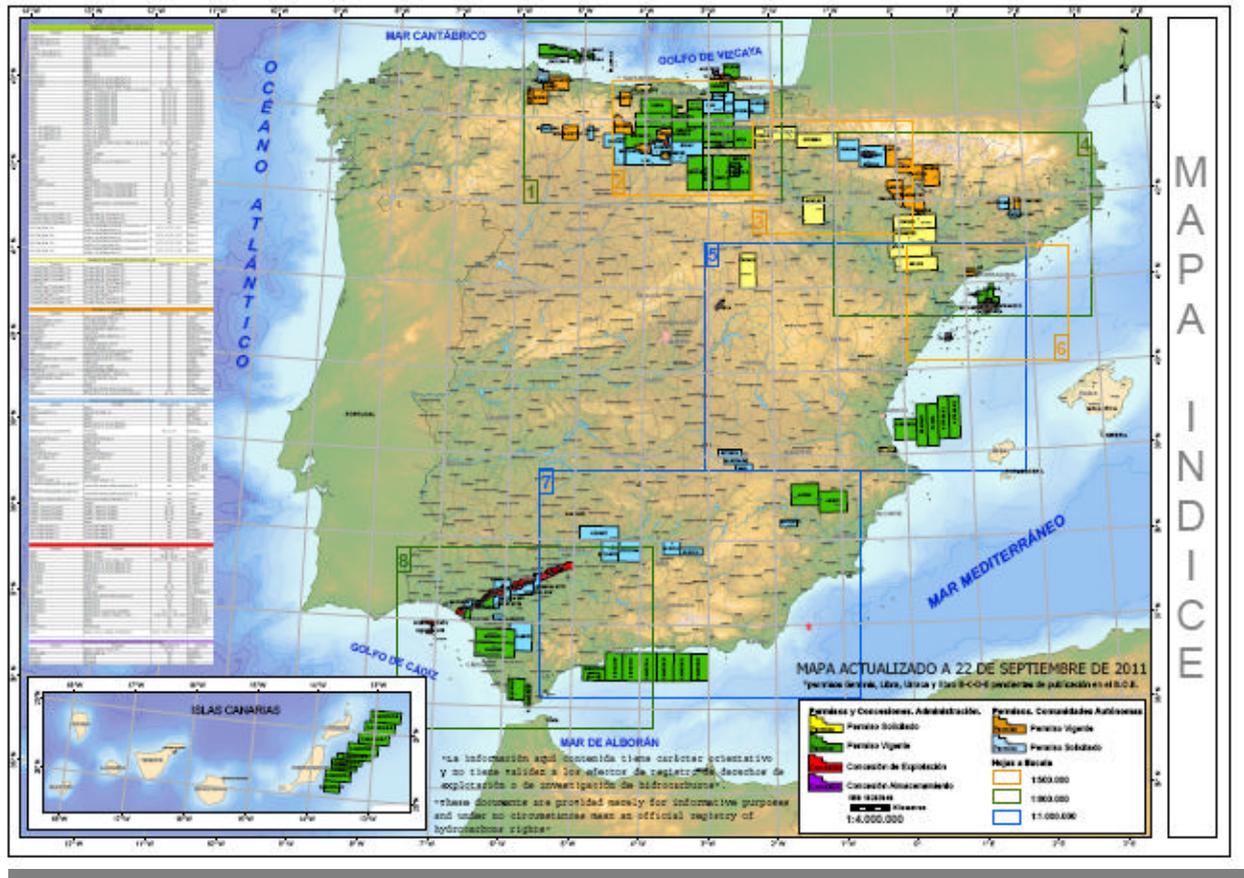
Cuencas Vasco-Cantábrica, Pirenaica, Ebro, Guadalquivir y Bética

**se sitúan en:**



- ✓ Paleógeno
- ✓ Cretácico superior e inferior
- ✓ Jurásico inferior (Lías)
- ✓ Carbonífero (Westfaliense-Estefaniense)

Solicitud de Permisos de investigación: **→ 45 solicitudes en año 2011**  
(media de 15 solicitudes/año)



Mapa de permisos y concesiones de hidrocarburos  
 Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

## La exploración del gas no convencional

Región (play concept) → Cuenca (leads) → Área prospectiva (prospect)

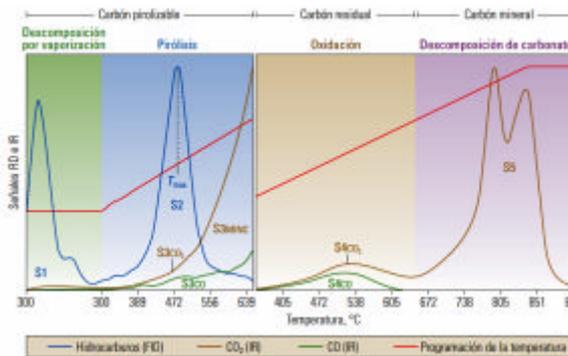
➤ Análisis de los elementos del petroleum system → Lo relevante es la “roca madre”

- ✓ Su extensión, geometría y profundidad : geología, sísmica reflexión
- ✓ Su prospectividad (grado de maduración y contenido y tipo de gas):

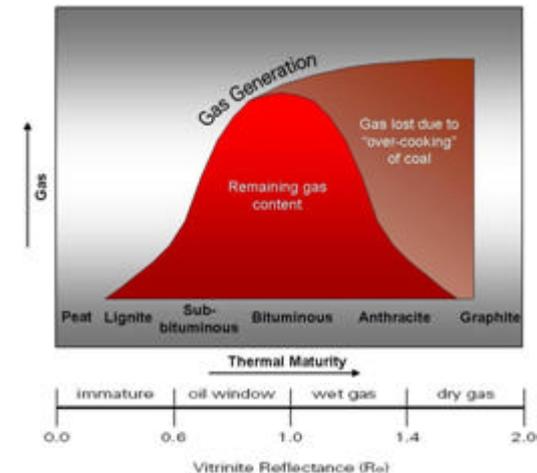
1. Carbono orgánico total (TOC)
2. Ensayo Rock-Eval
3. Tipo de kerógeno : tipo II o III
4. Maduración térmica:  $R_o$

Potencial Generador de Hidrocarburos en función del Carbono Orgánico Total (TOC)		
Basado en una ventana de petróleo de maduración temprana		
Potencial Generador de Hidrocarburos	TOC en Pizarras, % en peso	TOC en Carbonatos, % en peso
Pobre	0,0 a 0,5	0,0 a 0,2
Acptable	0,5 a 1,0	0,2 a 0,5
Bueno	1,0 a 2,0	0,5 a 1,0
Muy bueno	2,0 a 5,0	1,0 a 2,0
Excelente	> 5,0	> 2,0

Potencial generador en función del contenido en TOC y del tipo de roca madre. Ayres 2011



Resultados de un ensayo Rock-Eval.  
McCarthy et al. 2011

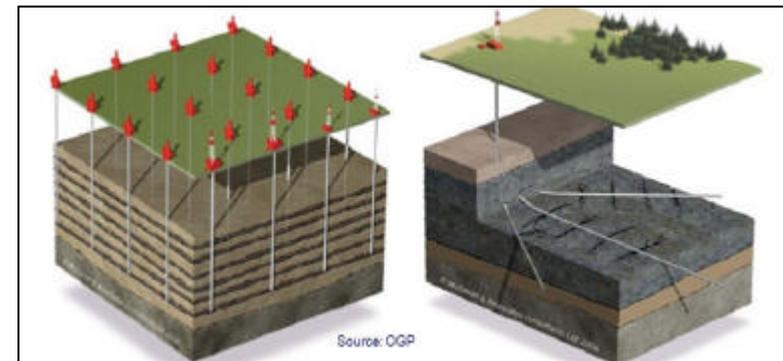


- En los yacimientos no convencionales **un pozo no es suficiente para declarar la no prospectividad de un área**: radio de drenaje de un pozo vertical estimulado es muy limitado (200-300m)
- Análisis en laboratorio de los **testigos**:
  - ➔ gas libre y adsorbido
  - ➔ ensayos de porosidad y permeabilidad
  - ➔ análisis mineralógico
- **Modelo petrofísico**: ➔ calibrar los registros a pozo abierto con las medidas reales efectuadas sobre los testigos en el laboratorio
- Elemento clave en la producción: 
  - identificación de los **sistemas de fracturas naturales** :  
orientación, distribución, tamaño, intensidad de las fracturas junto con la friabilidad (capacidad de una roca para ser fracturada) de la formación prospectiva

## Producción de gas no convencional : combinación de perforación horizontal y fracturación hidráulica

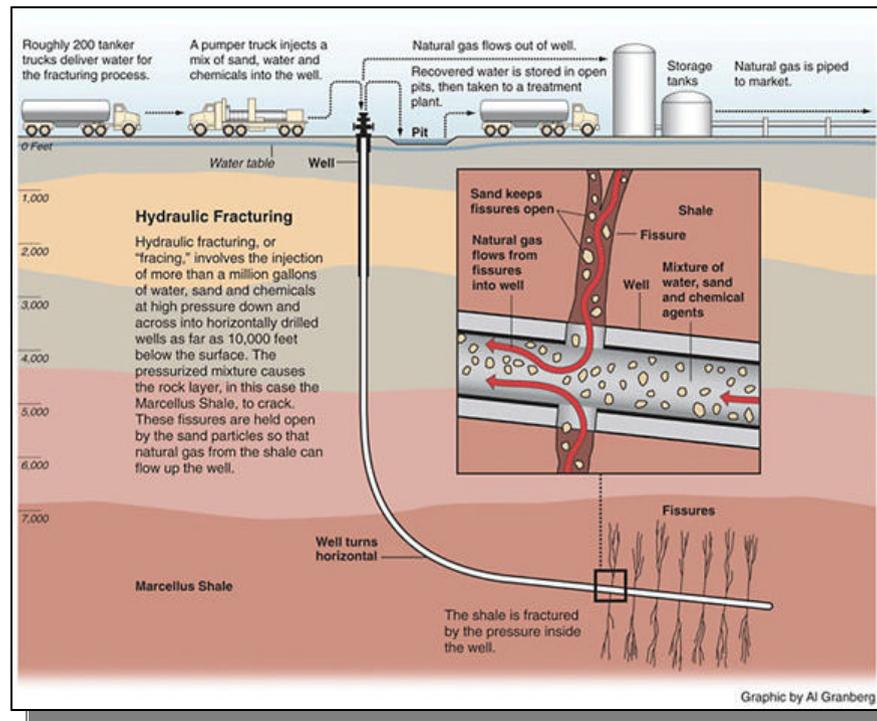
### ● Perforación horizontal dirigida

- ✓ Los primeros pozos horizontales se introdujeron en Texas en 1930
- ✓ Avances en la tecnología: motores de fondo, telemetría, mejora en los fluidos de perforación y en las herramientas de corte
- ✓ Aumento de la longitud de la sección horizontal del pozo → secciones de > 2000m
- ✓ Ventajas:
  - Permite perforación de múltiples pozos horizontales desde una única ubicación en la superficie (pozos radiales)
  - Reduce notablemente el impacto ambiental



## Fracturación hidráulica

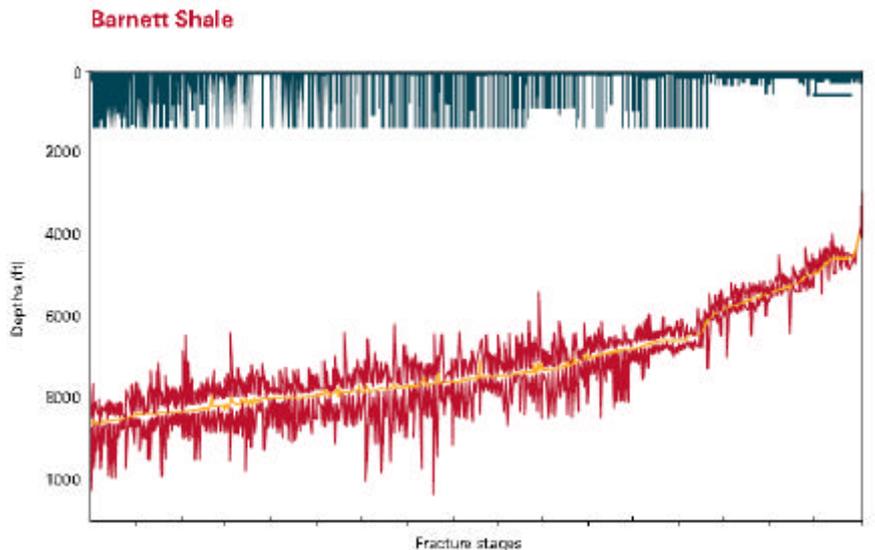
✓ Generar canales de elevada permeabilidad mediante la inyección de agua a alta presión que supere la resistencia de la roca, creando **fracturas controladas** en el fondo de pozo, en la sección deseada de la formación contenedora de gas con el fin de **liberar dicho gas**.



## ✓ Monitorización de la **geometría de las fracturas** → microsísmica

-Seguimiento de la formación de las fracturas, su profundidad y orientación

-La mayor parte de las fracturas creadas se extienden entre 200-300m en vertical (Real Academia de Ingeniería del Reino Unido)



En amarillo se representa la profundidad de la zona a fracturar, las líneas quebradas en rojo representan la extensión de la fractura hacia arriba y hacia abajo, en azul oscuro se representa la profundidad del acuíferos de que abastecen a la población.

Fuente [M. Kevin Fisher](#) y [Norman R. Warpinski](#) 2012

✓ Para evitar el cierre natural de la fractura, se bombea, junto con el agua, un agente de sostenimiento (propante), comúnmente arena, que mantiene las fracturas abiertas de un modo permanentemente.

✓ Composición del **fluido de fracturación** → 95 - 98 % de agua, hasta un 5% de arena de sostenimiento y menos de un 1% de productos químicos

Aditivo	Principal componente	Uso común del principal componente
Ácido	Acido clorhídrico	Químicos de piscina y limpieza, química industrial
Bactericida	Glutaaldehido	Utilizado como esterilizante en frío en industria de la salud
Salmuera	Cloruro cálcico o sódico	Conservante alimenticio y condimento
Inhibidor corrosión	N,n-dimetiformamida	Utilizado como cristalizador en la industria farmacéutica
Reductor fricción	Destilados del petróleo. Polyacrylamida	Cosméticos de peluquería, maquillaje. Acondicionador de suelos
Gelificante	Goma arábica y hidroxycetil celulosa	Espesante utilizado en cosméticos, salsas y aderezos de ensalada
Control del ion hierro	Acido cítrico	Presente en frutas, utilizado como conservante y antioxidante en la industria alimentación
Anti oxidan. Inhibidor	Bisulfito de amonio Etilenglicol	Utilizado en cosméticos y en el proceso de vinificación Anticongelante de automoción y agente para el deshielo

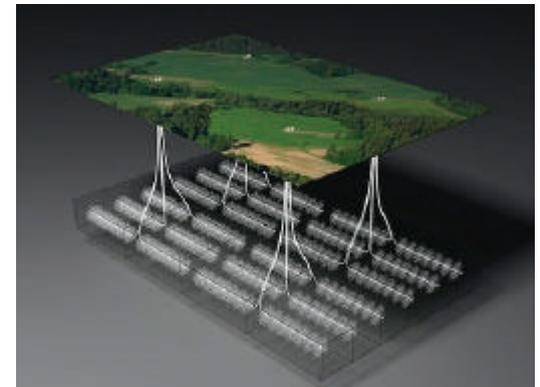
Las **fases de desarrollo del campo y producción del gas no están separadas**: es frecuente, en un mismo yacimiento, estar reconociendo nuevas zonas prospectivas, mientras se están perforando nuevos pozos productores, que a su vez, conviven con otros pozos productores más antiguos

➤ La **producción comercial** se alcanza mediante:

✓ **perforación de sondeos horizontales**

- realizados desde un mismo emplazamiento (reducir la huella en superficie)
- orientados perpendicularmente al sistema de micro fracturas preferente

✓ **varias etapas de fracturación hidráulica** con el fin de incrementar el volumen de roca drenado.



# MUCHAS GRACIAS



Madrid del 26 al 30 de noviembre de 2012