

INFUSE

FORUM INTERNACIONAL SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL GAS NO- CONVENCIONAL Y EL MEDIO AMBIENTE



Recursos No-Convencionales - Parametros para el Exito en la Exploracion de Esquistos de Gas

- Reto Energético
- Unidades y Moléculas
- Tecnología Disruptiva: Energía del Esquisto
- Claves para la Producción Exitosa



Tecnologia Energetica Prometeica

Base de la Civilización

💧 Fuego

- ✳ Calentar, cocinar
- ✳ Fundir metales, vida larga

💧 Motor de combustión

- ✳ Fuerza, velocidad

💧 Quimica

- ✳ Fertilizantes
- ✳ Plasticos, etc., etc.

💧 Emisiones

- ✳ Particulas
- ✳ SO_x , NO_x , Hg
- ✳ CO_2



Pieter Paul Rubens: "Prometeo Encadenado"



Reto Energético



**Captura y Almacenamiento
del CO₂
No es Fácil**

💧 Reto Demográfico

💧 Reto de la Oferta

- ✱ El recurso es adecuado
- ✱ Energía Fósil (Requerida)
- ✱ Energía No Fósil (Necesaria)
Nuclear & Alternativa

💧 Reto Ambiental

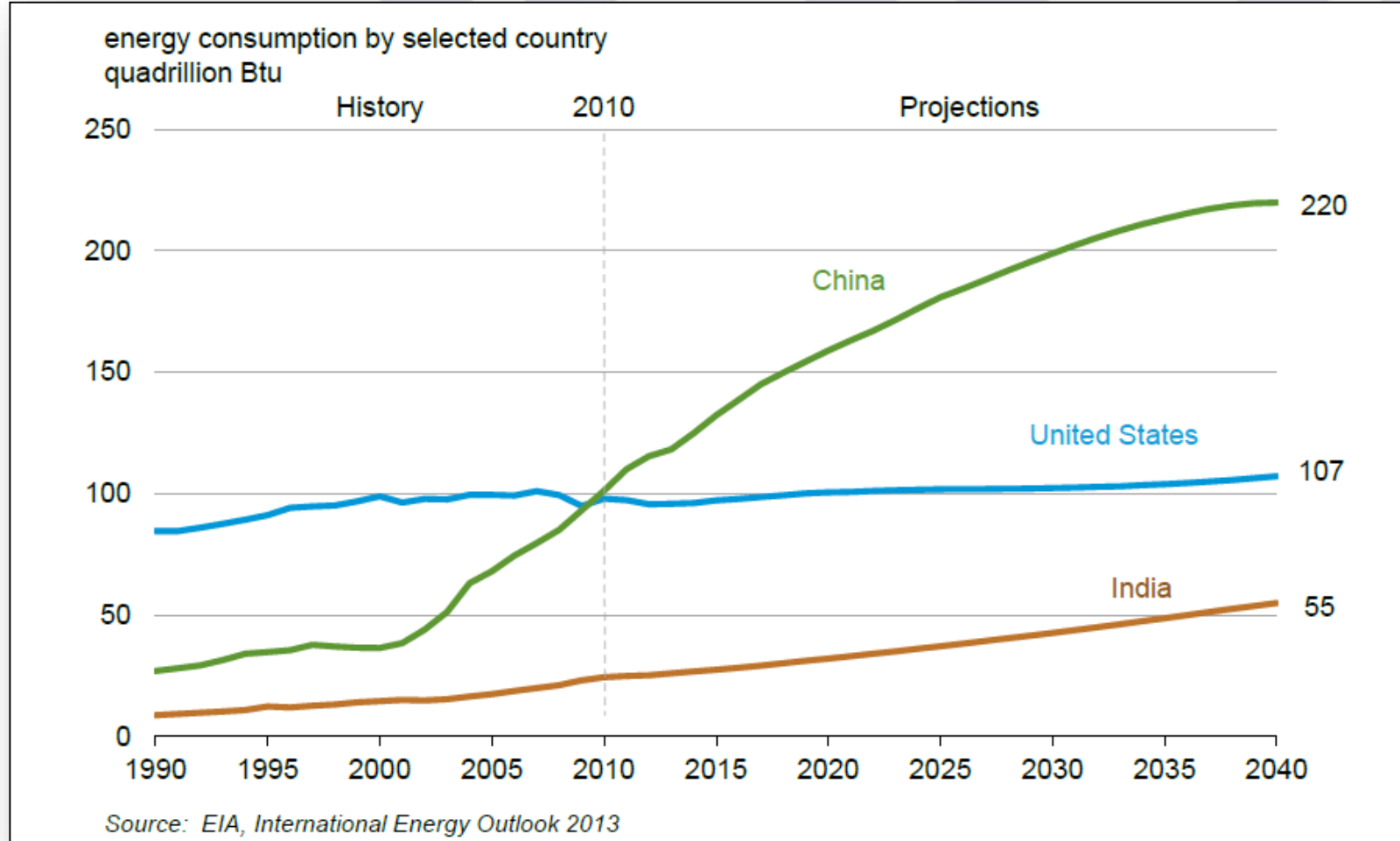
💧 Reto Tecnológico

💧 Transición o Revolución
Energética

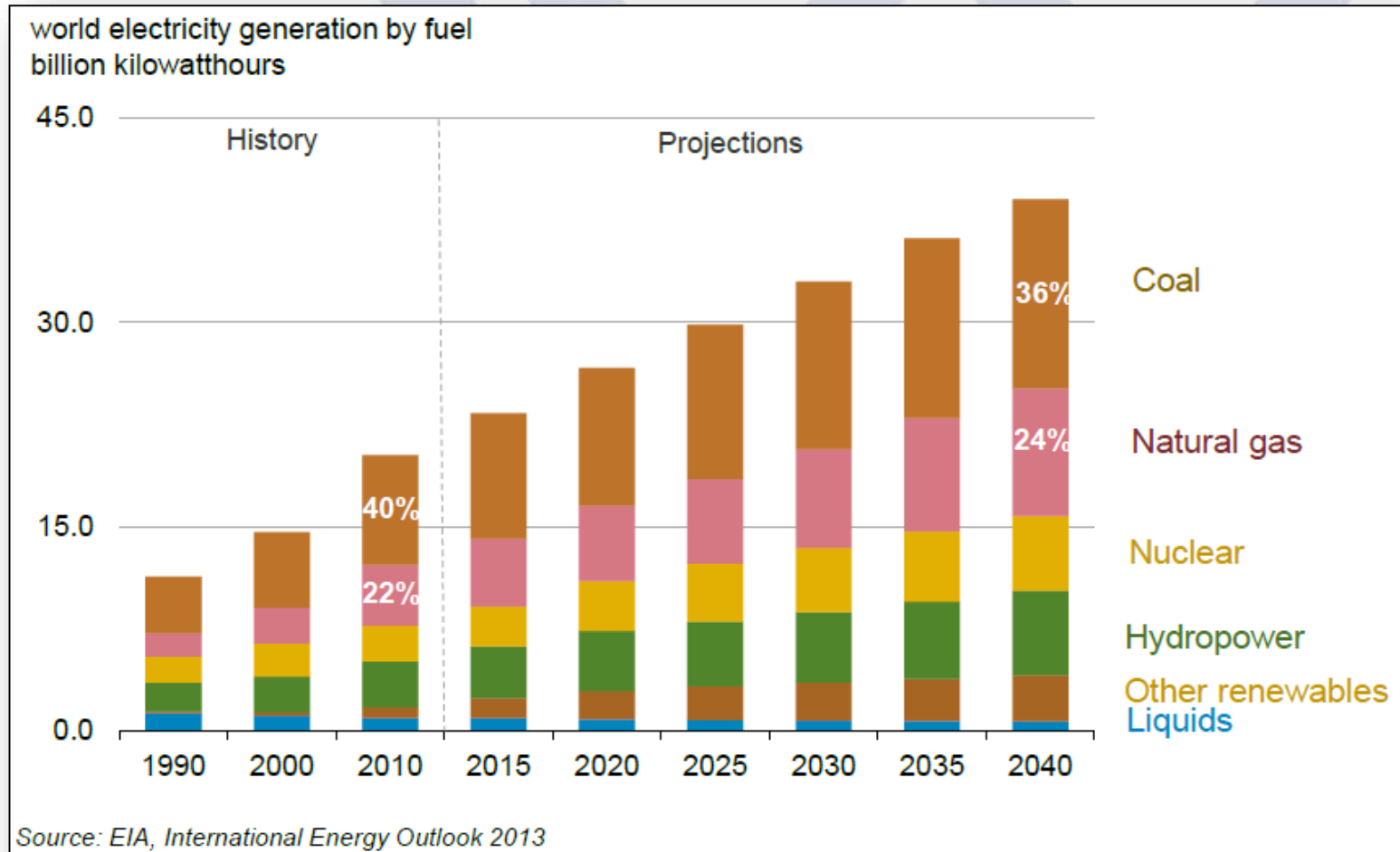
- ✱ Decadas a Siglos
- ✱ Disruptiva



Consumo Mundial de Energía



Dominio de la Energía Fósil



Unidades

● Volumen

● Peso

● Energía Termal



Crudo



1 Barrel of Crude Oil

42 gallons

10,000 B/D equals 500,000 tonnes/year (7.2 - 7.35 bbls per metric ton)

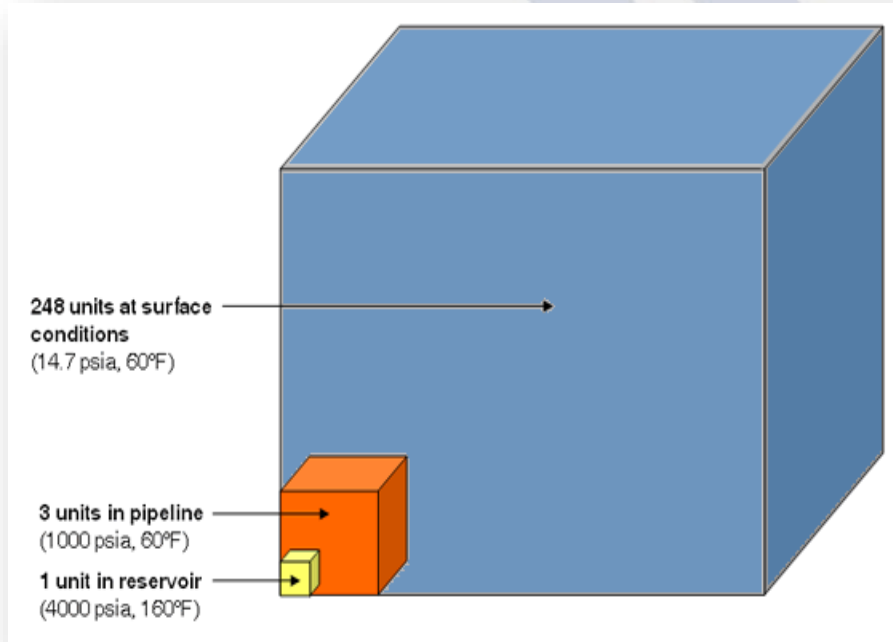
1 barrel #6 Oil = 6.287 Million BTU

300 lbs

6.33×10^9 Joules (6.33 Gigajoules)



Gas Natural



Unidad de Gas	Condiciones Standard	Región de Uso
Standard Cubic Foot (SCF)	14.73 psi (una atmósfera), 60°F	US, America Latina, Africa, Medio Oriente .
Normal Cubic Meter (Nm³)	una atmósfera, 0°C	Europe, Canada, Russia.
Conversiones: 1 m ³ = 35.31 ft ³ ; 1 ft ³ = 0.0283 m ³		



Natural Gas

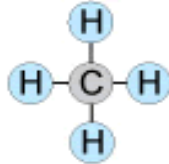
Units	Quantity	Symbol ft ³	Symbol m ³	Application
Thousand	1000	MCF	Mm ³	Basic unit of sale
Million	1,000,000	MMCF	MMm ³	Daily well production
Billion	1,000,000,000	BCF	bm ³	Annual field production
Trillion	1,000,000,000,000	TCF	tm ³	Field reserves
If gas volume is measured in m³, simply replace CF with m³ within the above symbols. Some companies use K, M°, Giga ("G") and Tera ("T") in place of thousand, million, billion and trillion.				



Moleculas de Hidrocarburos

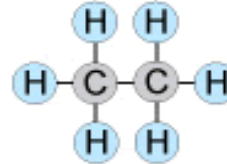
Methane, CH_4

Natural Gas



Heating Value: 1010 BTU/ft³
(1.06 million Joules)
Boiling Point: -259°F (-162°C)

Ethane, C_2H_6

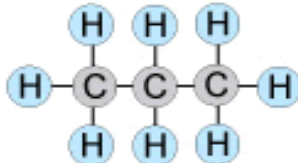


Retain in Natural Gas or
Convert to Ethylene

Heating Value: 1770 BTU/ft³
(1.87 million Joules)
Boiling Point: -127°F (-89°C)

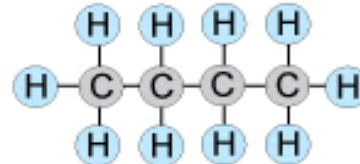
Propane, C_3H_8

LPG's



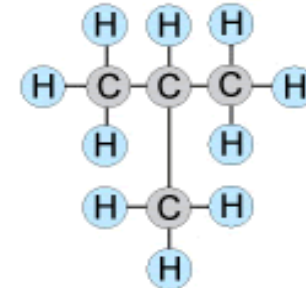
Heating Value: 2516 BTU/ft³
(2.65 million Joules)
Boiling Point: -44°F (-42°C)

Normal Butane, C_4H_{10} ($n\text{C}_4$)



Heating Value: 3263 BTU/ft³
(3.44 million Joules)
Boiling Point: -31°F (-51°C)

Isobutane, C_4H_{10} ($i\text{C}_4$)

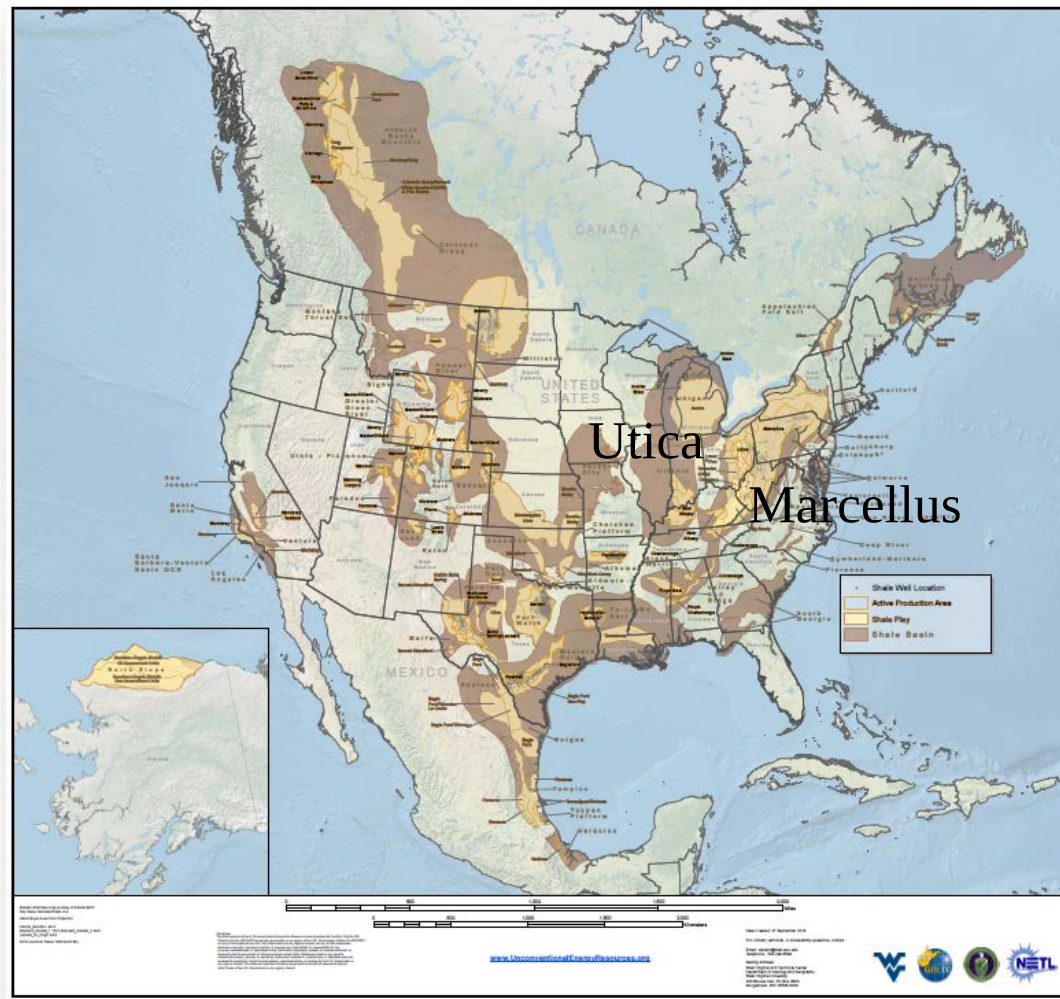


Heating Value: 3252 BTU/ft³
(3.43 million Joules)
Boiling Point: -11°F (-12°C)

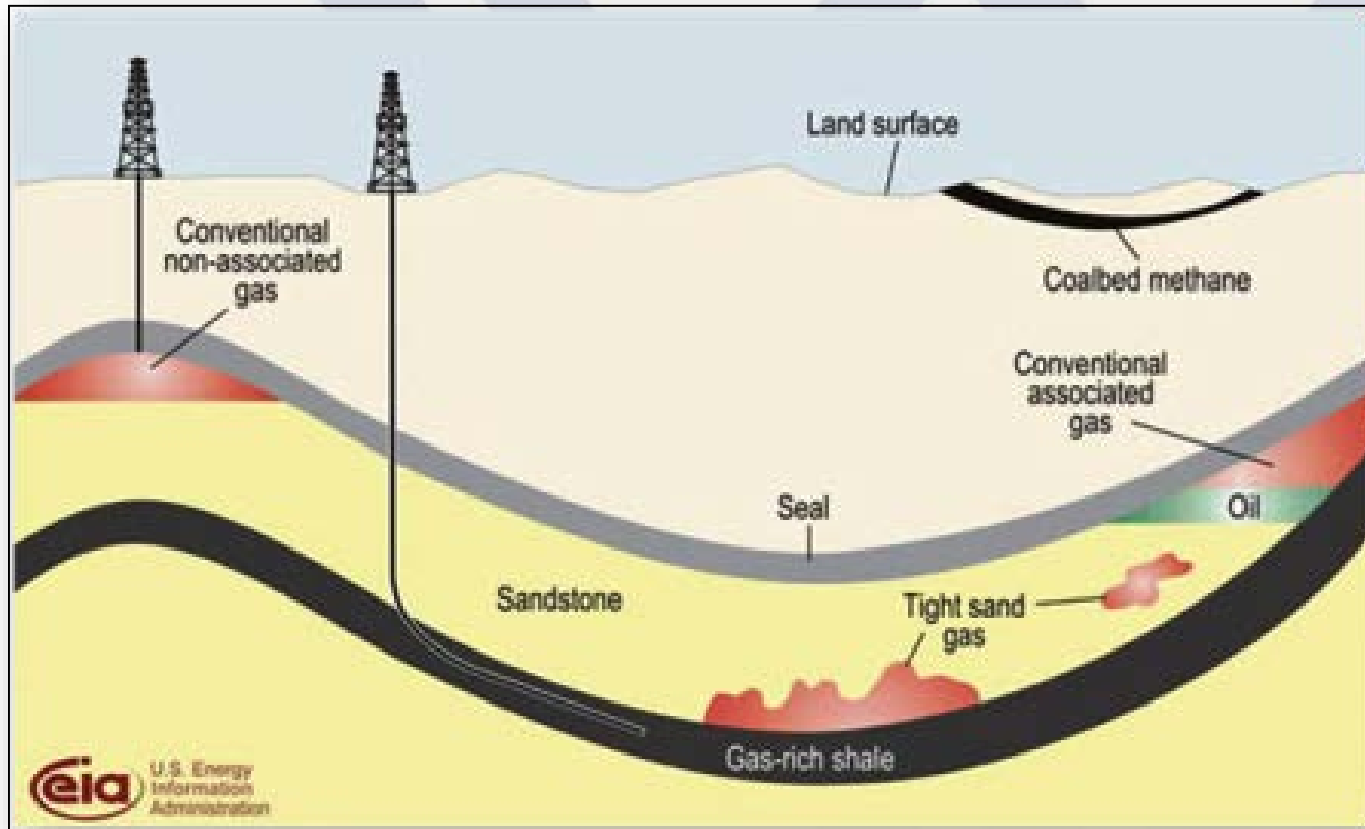


[illegible]

Cuencas de Gas en Norte America



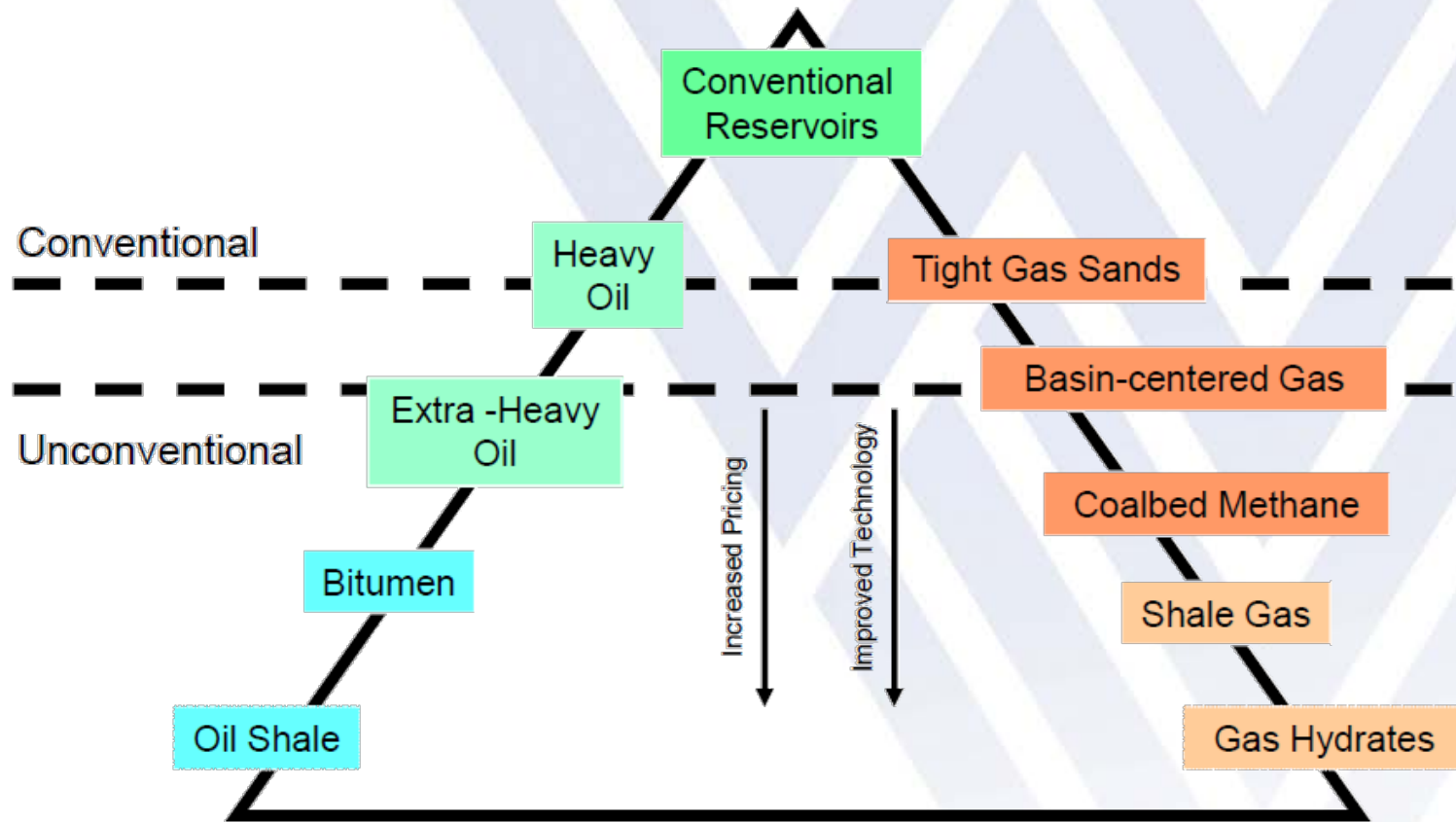
Reservorios No-Convencionales



- ✳ Gas Convesional : Roca Madre $\neq$ Reservorio
- ✳ Gas No Convencional: Roca Madre = Reservorio



Triangulo del Recurso Petrolifero



(modified from Holditch, JPT Nov. 2002)



La Revolución de los Esquistos Afecta Todo

Tecnología Disruptora

💧 Cuatrillones de BTU nuevas estan disponibles

💧 Beneficios

- ✳ Mayor Aumento de Producción en el Mundo
- ✳ Bajó el Precio de la Energía
- ✳ Aumentó la Actividad Económica
- ✳ Aumentaron los Recáudos del Estado
- ✳ Bajaron las Emisiones (Partículas y CO₂)

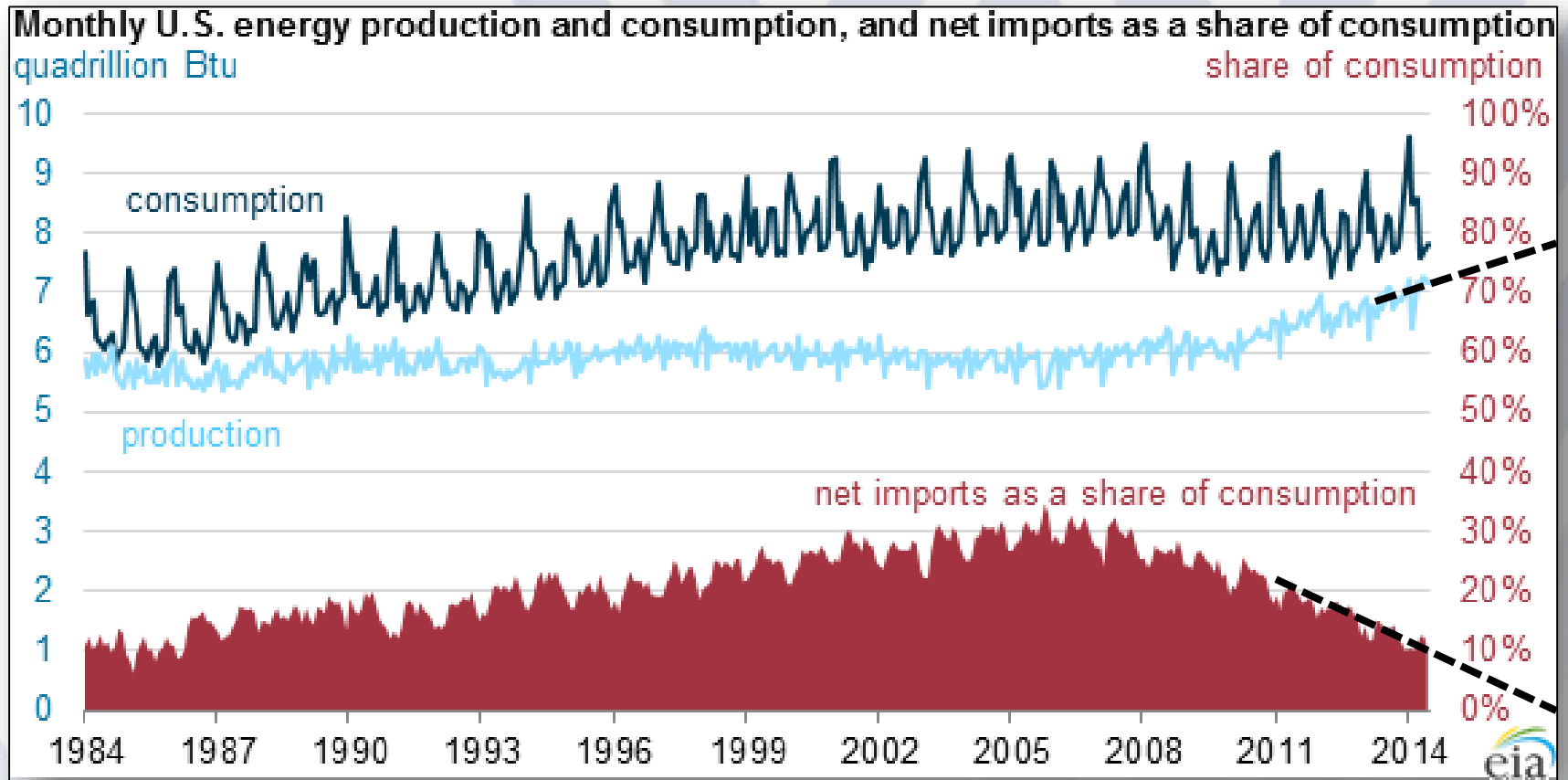
💧 Retos

- ✳ Polución Local del Aire
- ✳ Agua – Fuentes y Calidad
- ✳ Ruido y Trafico de Camiones
- ✳ Auge y Caída

💧 Meta – Minimizar los Costos, Maximizar los Beneficios

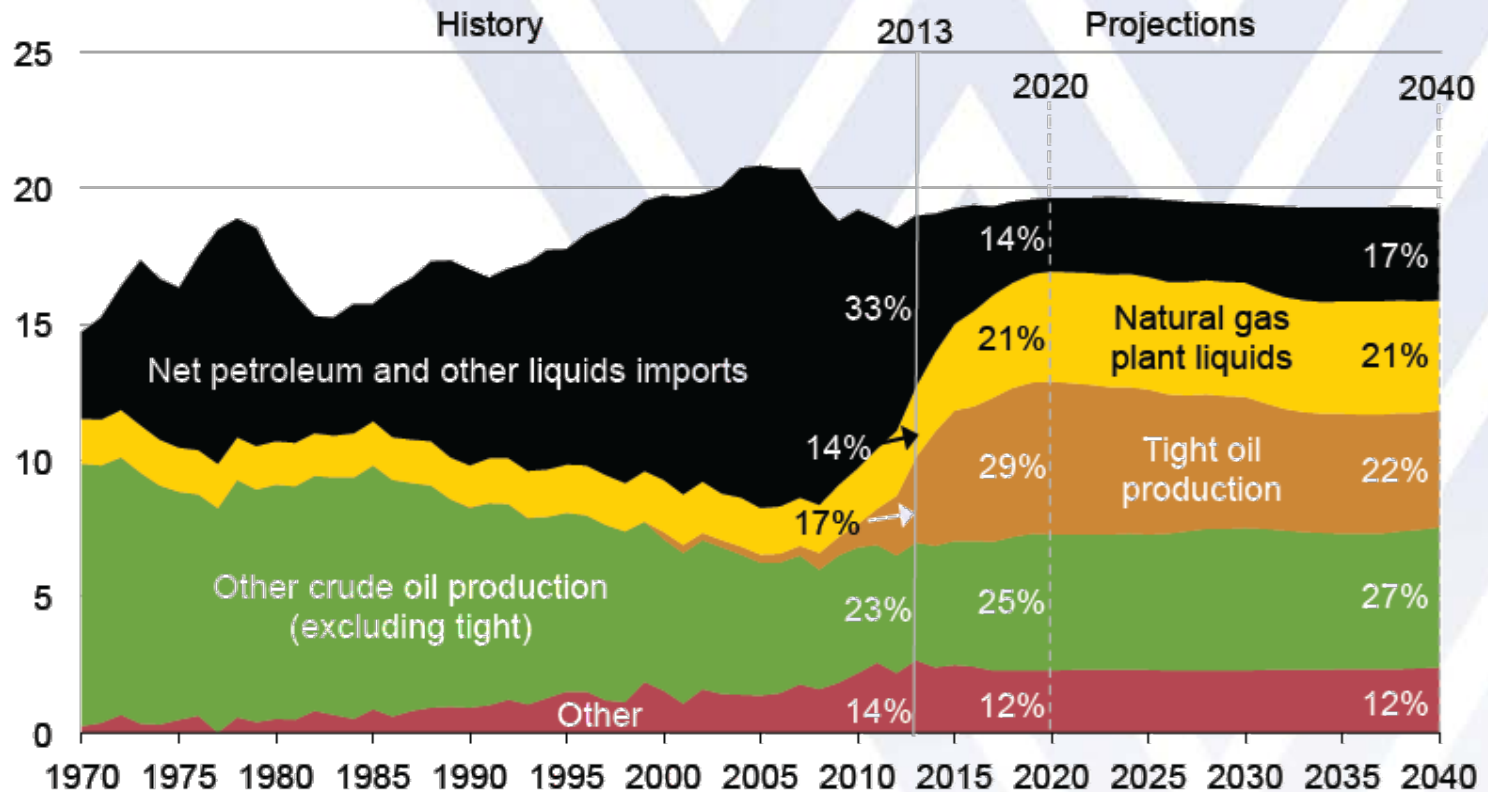


Pronóstico Energético de US



Producción de Petroleo en U.S.

U.S. liquid fuels supply
million barrels per day



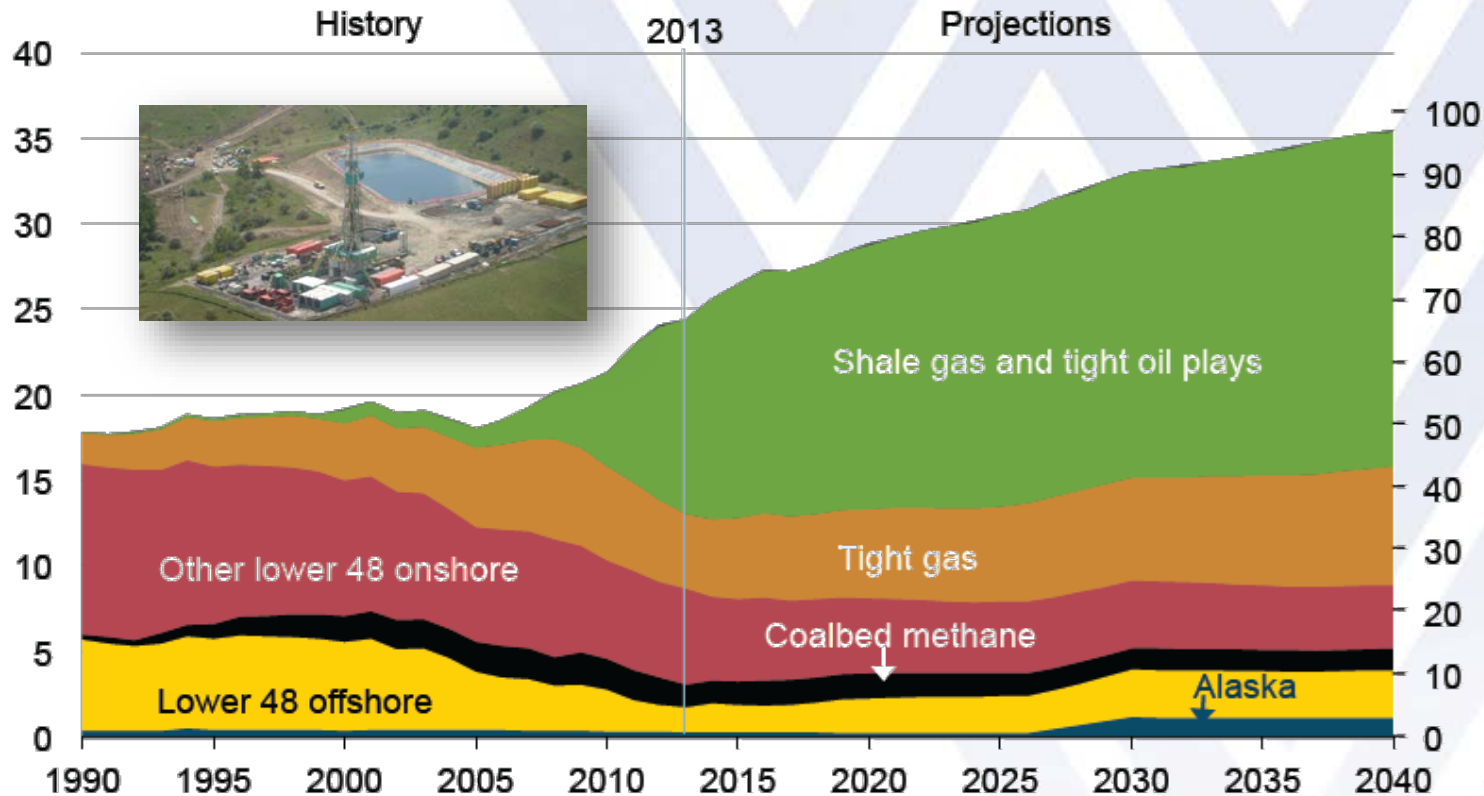
Note: "Other" includes refinery gain, biofuels production, all stock withdrawals, and other domestic sources of liquid fuels
Source: EIA, Annual Energy Outlook 2015 Reference case



Producción de Gas Natural en U.S.

U.S. dry natural gas production
trillion cubic feet

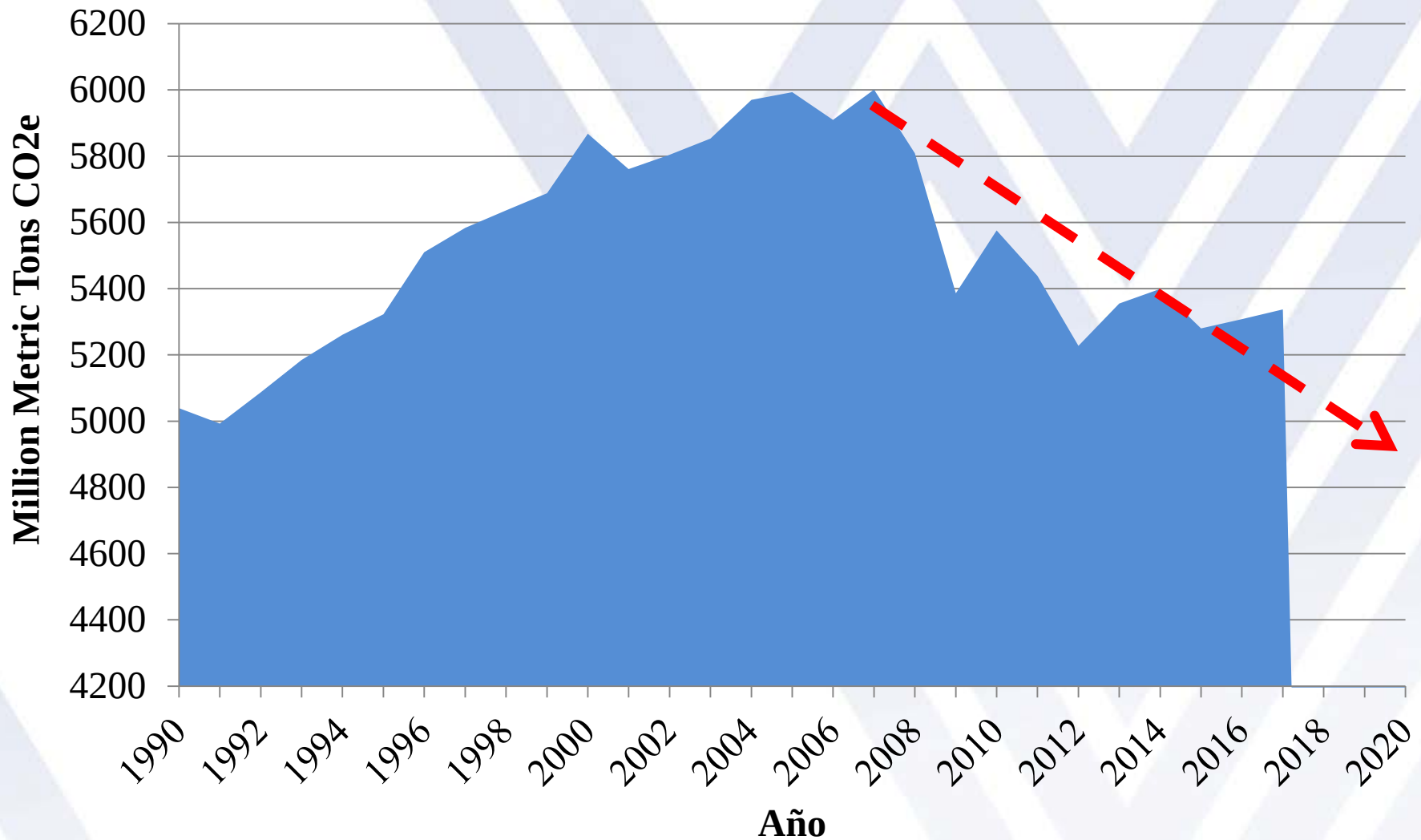
billion cubic feet per day



Source: EIA, Annual Energy Outlook 2015 Reference case



Emisiones de CO₂ en U.S.

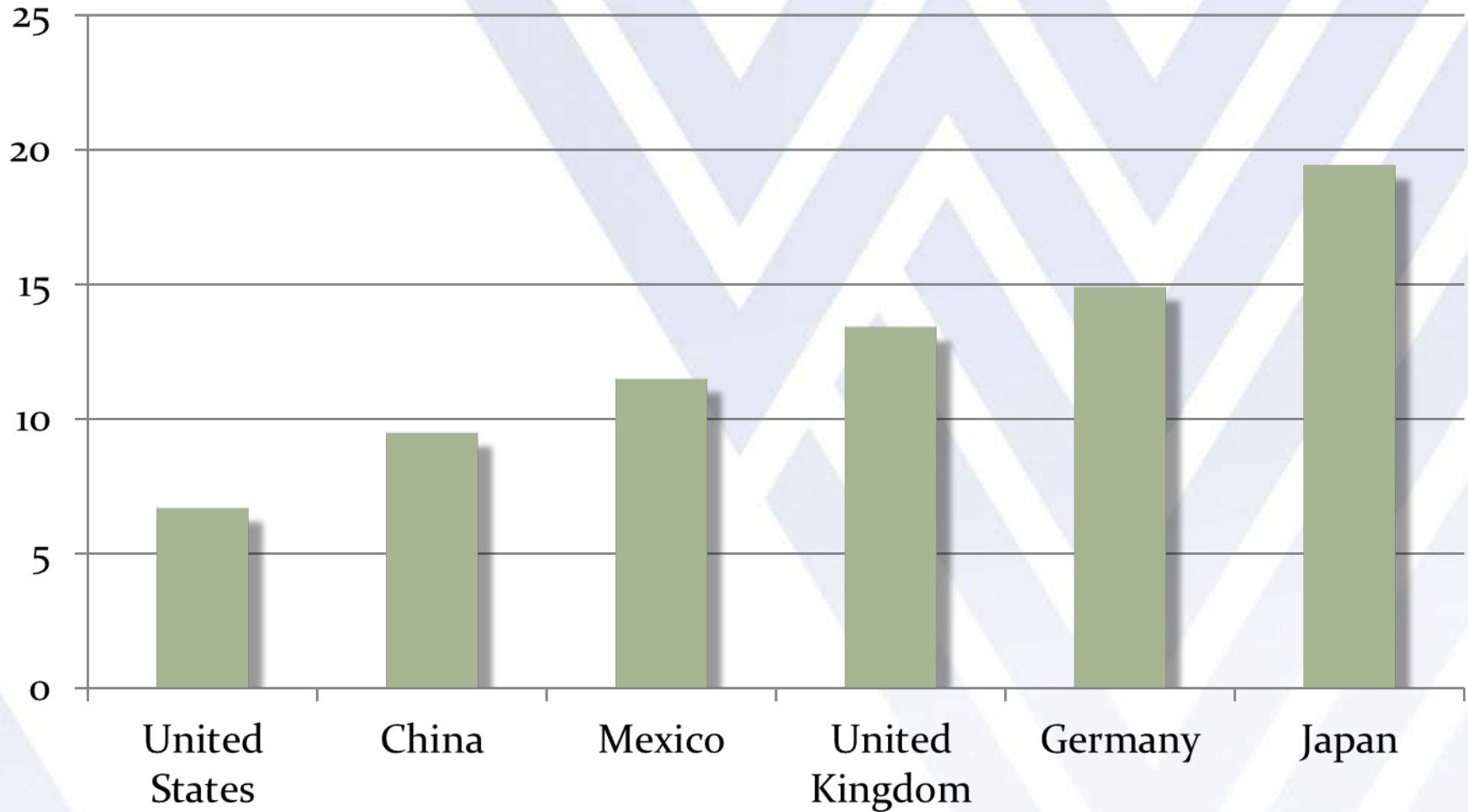


Source US-DOE, EIA, February 2016



Impacto Sobre el Costo de la Electricidad

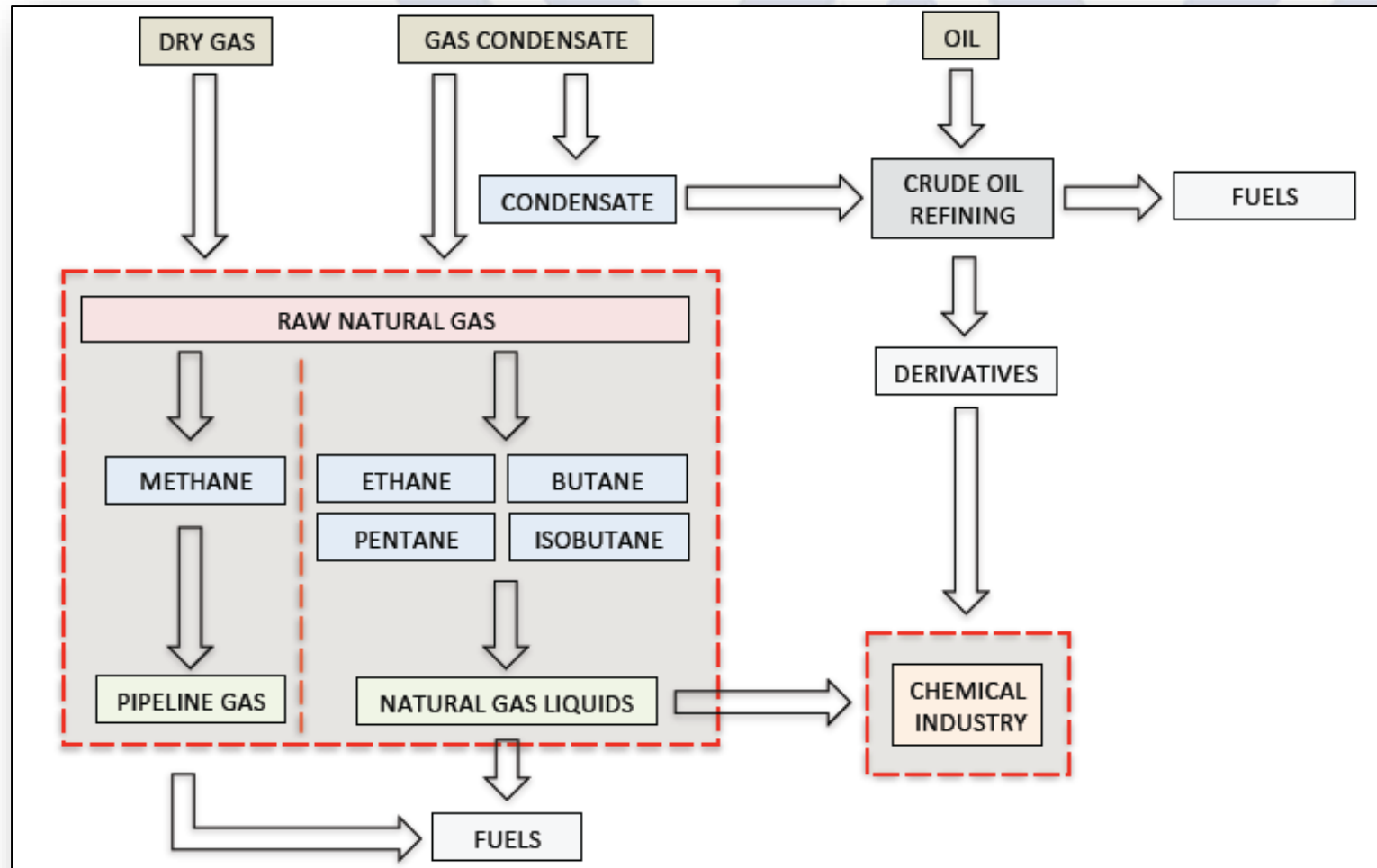
2012 Industrial Electricity Prices cents/kWh



Source: International Energy Agency, 2013 Key World Energy Statistics



Revolución en el Mercado de Hidrocarburos



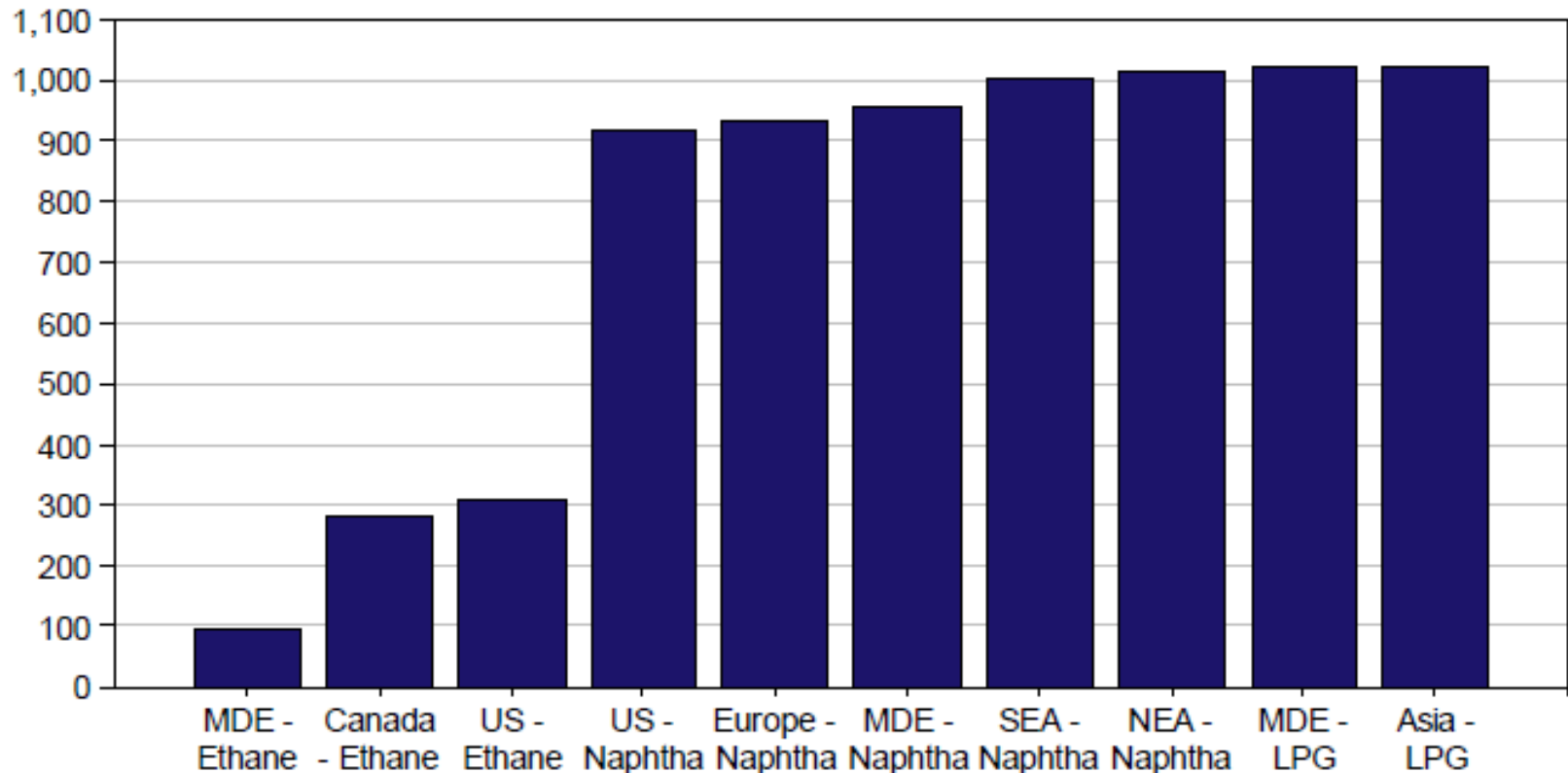
Dutton, 2012



Condensado (NGL) como Material Prima

Cost to Produce One Metric Ton of Ethylene: 2013

\$US per metric ton

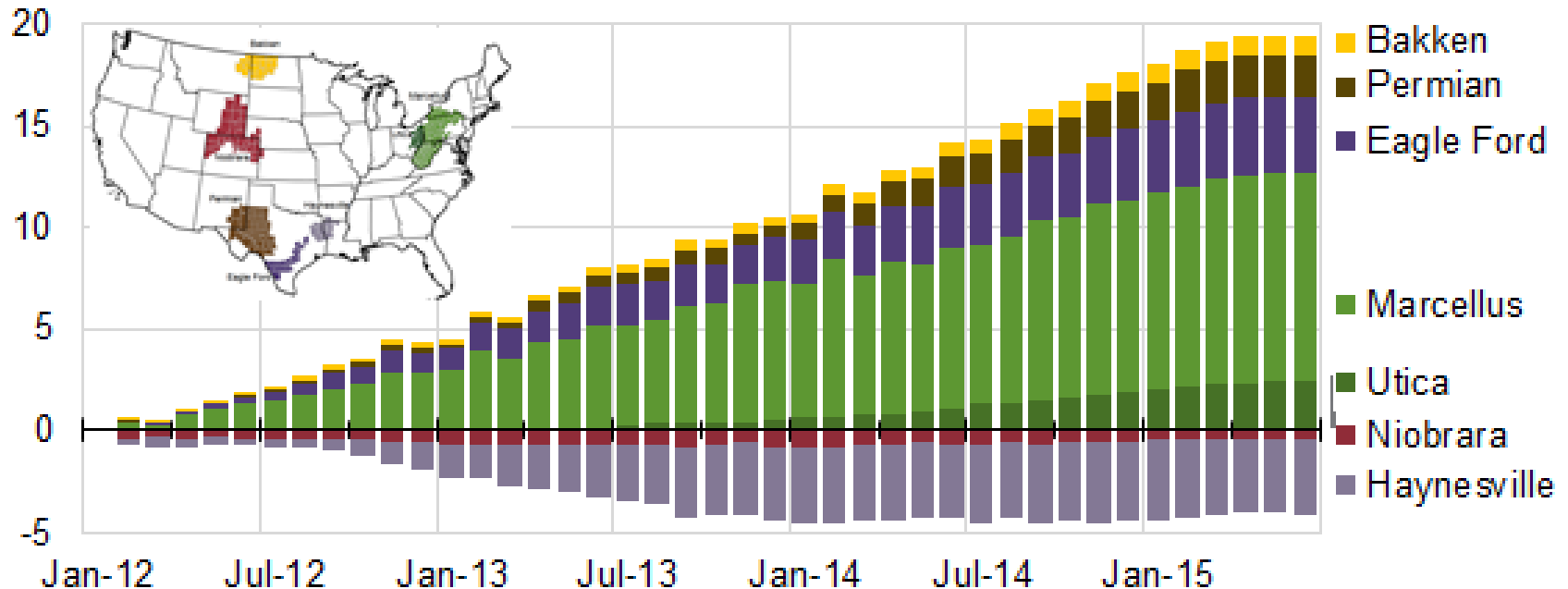


MDE = Middle East, NEA = Northeast Asia, SEA = Southeast Asia



Producción de Gas Natural en U.S.

Natural gas production in selected regions (Jan 2012 - June 2015)
cumulative change since January 2012, billion cubic feet per day (Bcf/d)



Since the beginning 2012, the **Marcellus** and **Utica** regions have accounted for 85% of increases in production from these selected shale gas regions.



Esquistos de Gas en la Cuenca de los Apalaches

🔹 Volumen muy Grande

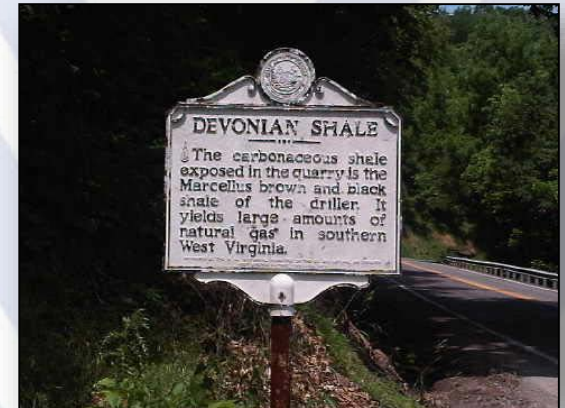
- ☀ 1.6 TCF en 2002 → 500-1,300 Tcf en 2015
- ☀ Gran Area – 16-32 Millones de Acres
- ☀ Cerca al Mercado

🔹 Retos

- ☀ Topografía
- ☀ Infraestructura
- ☀ Impacto Social y Ambiental
- ☀ Opinión Publica
- ☀ Sistema Legal Anticuoado

🔹 History

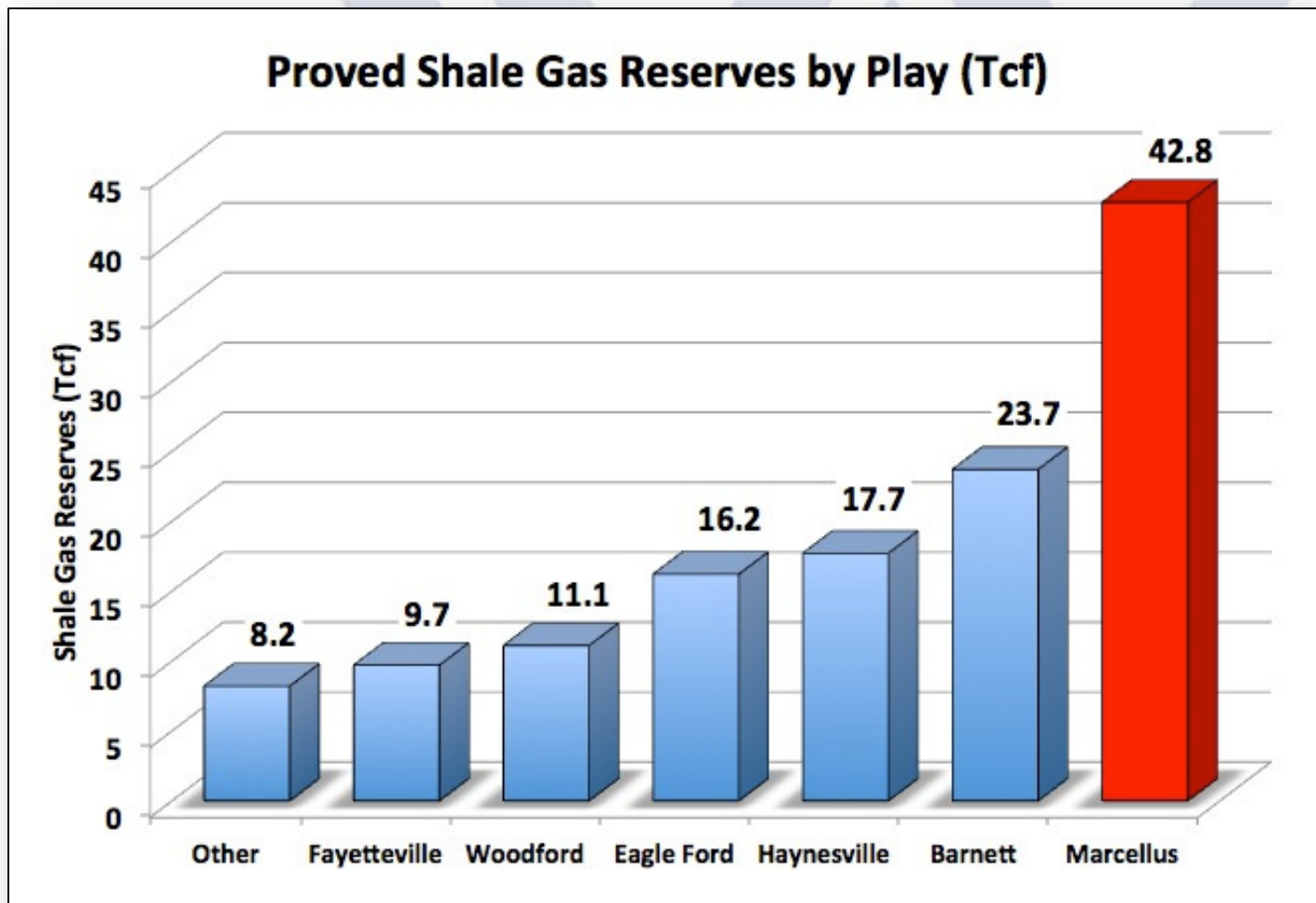
- ☀ 1821, Fredonia, New York
- ☀ 1970's – 1990's Investigación
USDOE & Mitchell
- ☀ 2003 Primer Pozo- Range Resources
- ☀ Approx. 13,079 Pozos en el Marcellus (96 taponados)
~7,500 pozos en progreso
- ☀ Aproximadamente 693 Pozos en Utica
~554 Pozos en Progreso



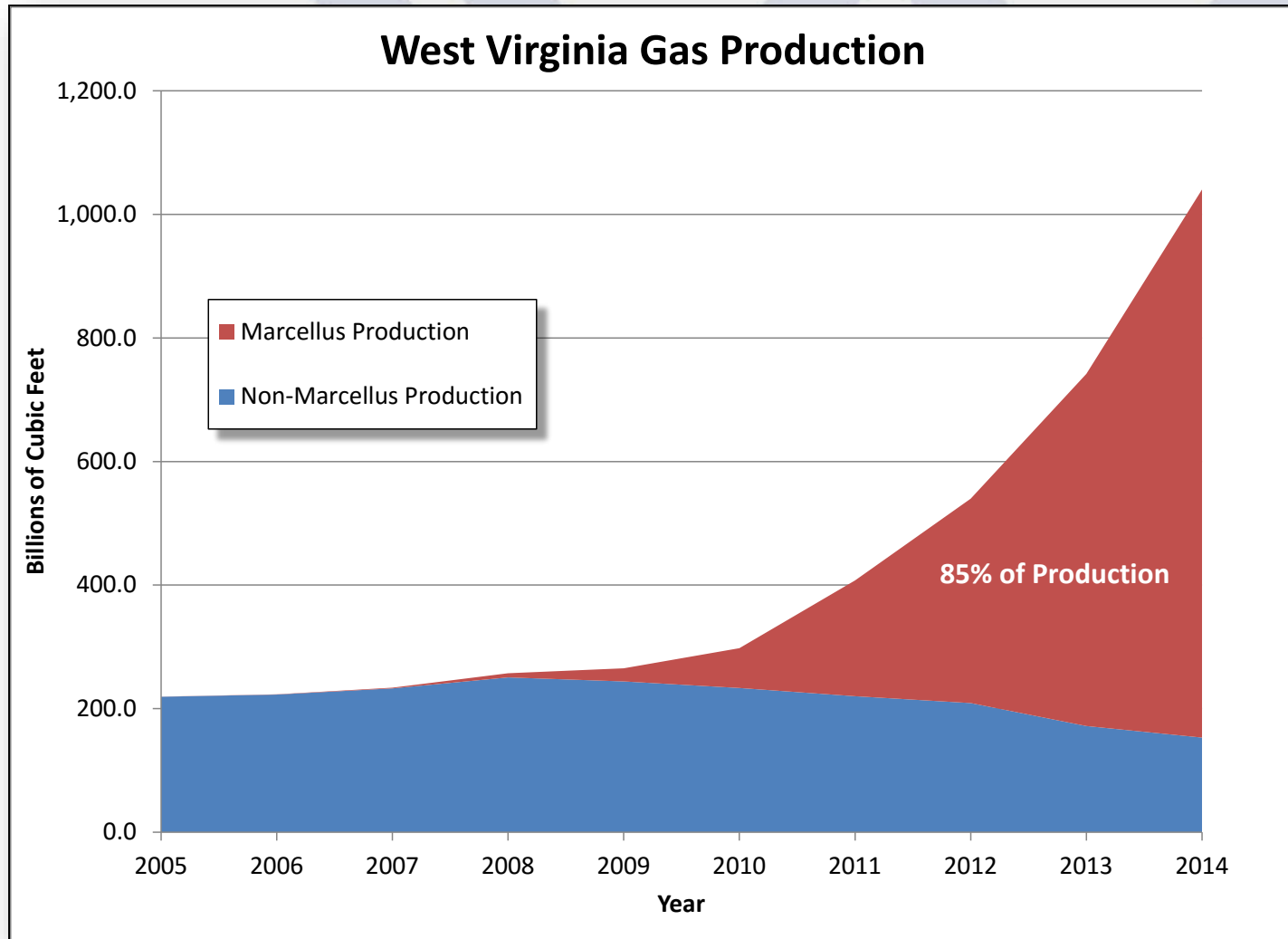
Located in downtown Fredonia, the boulder proudly displays the site of the first commercial gas well in the US, dedicated in 1925 on the 100th anniversary by the Daughters of the American Revolution.



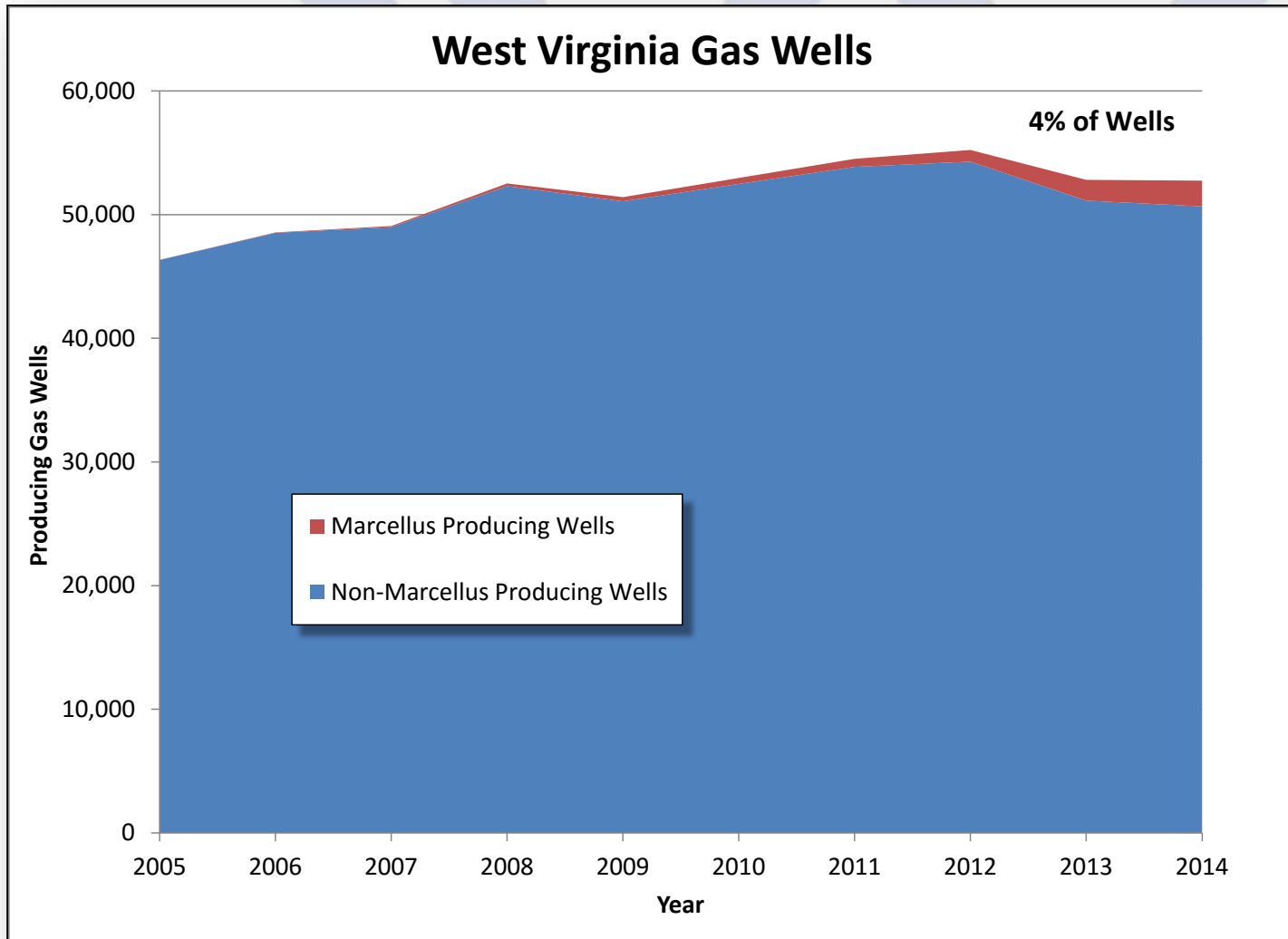
Complejos Petrolíferos de Esquistos de Gas



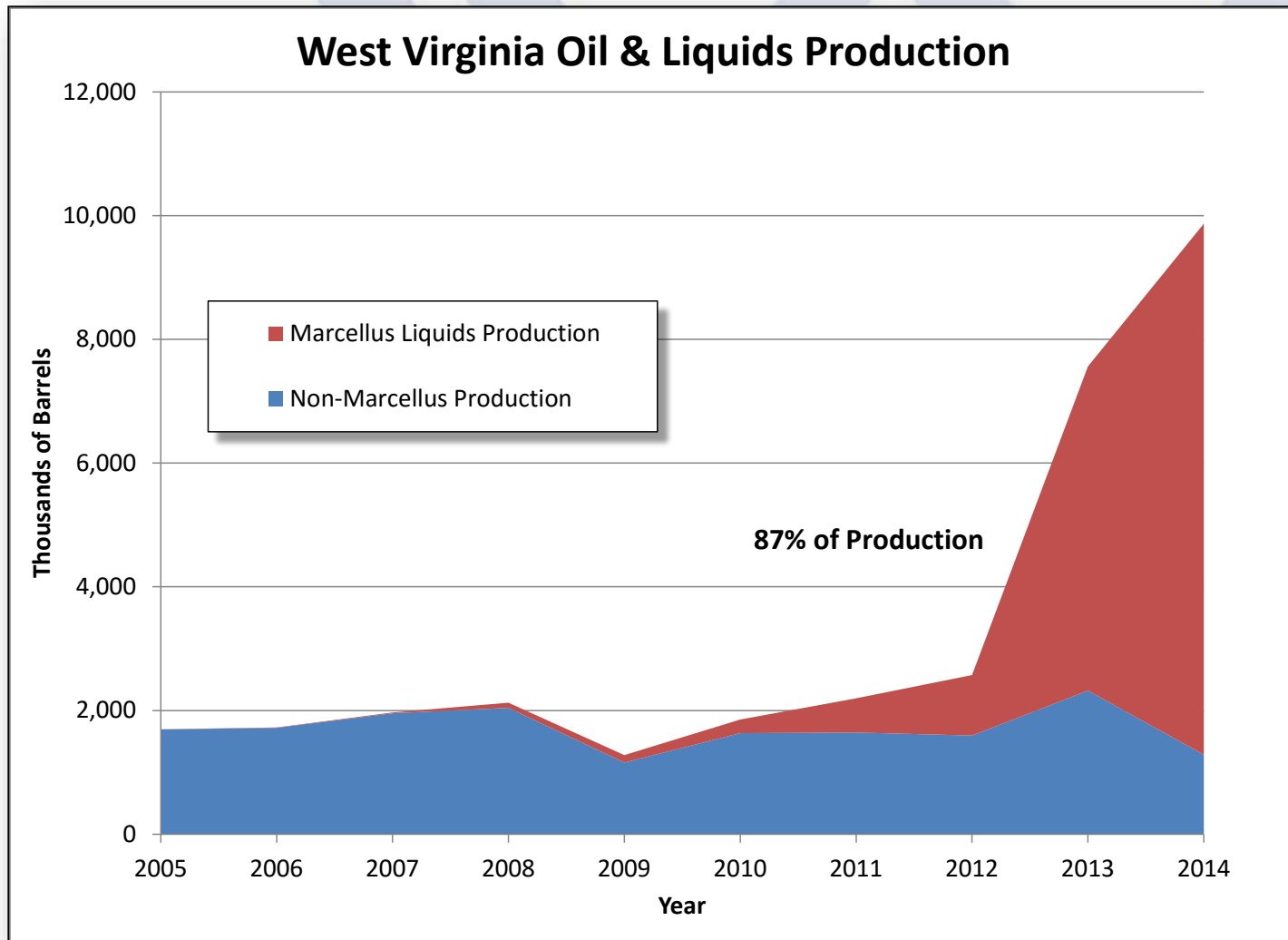
Producción de Gas de West Virginia



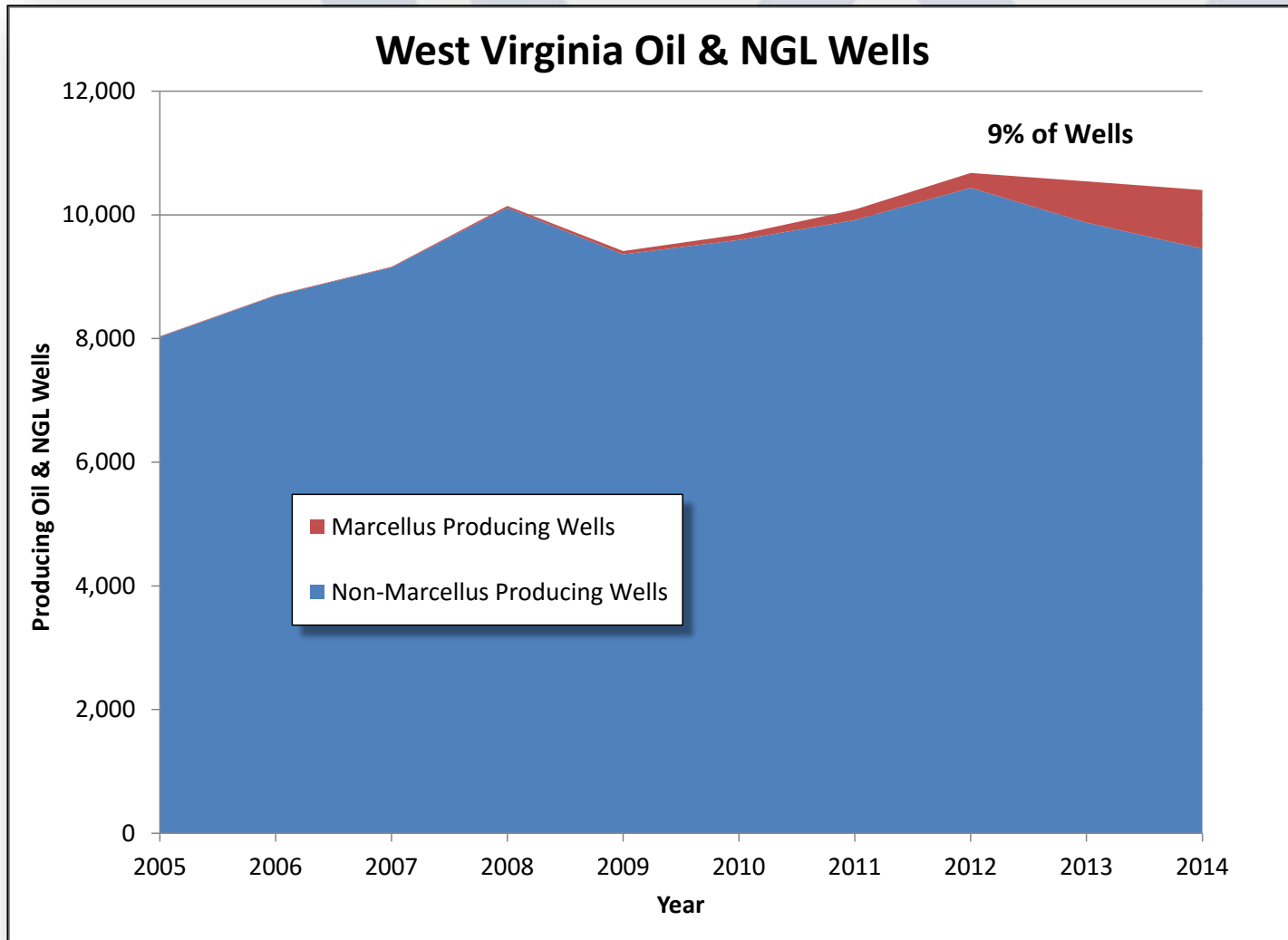
Producción de Gas de West Virginia



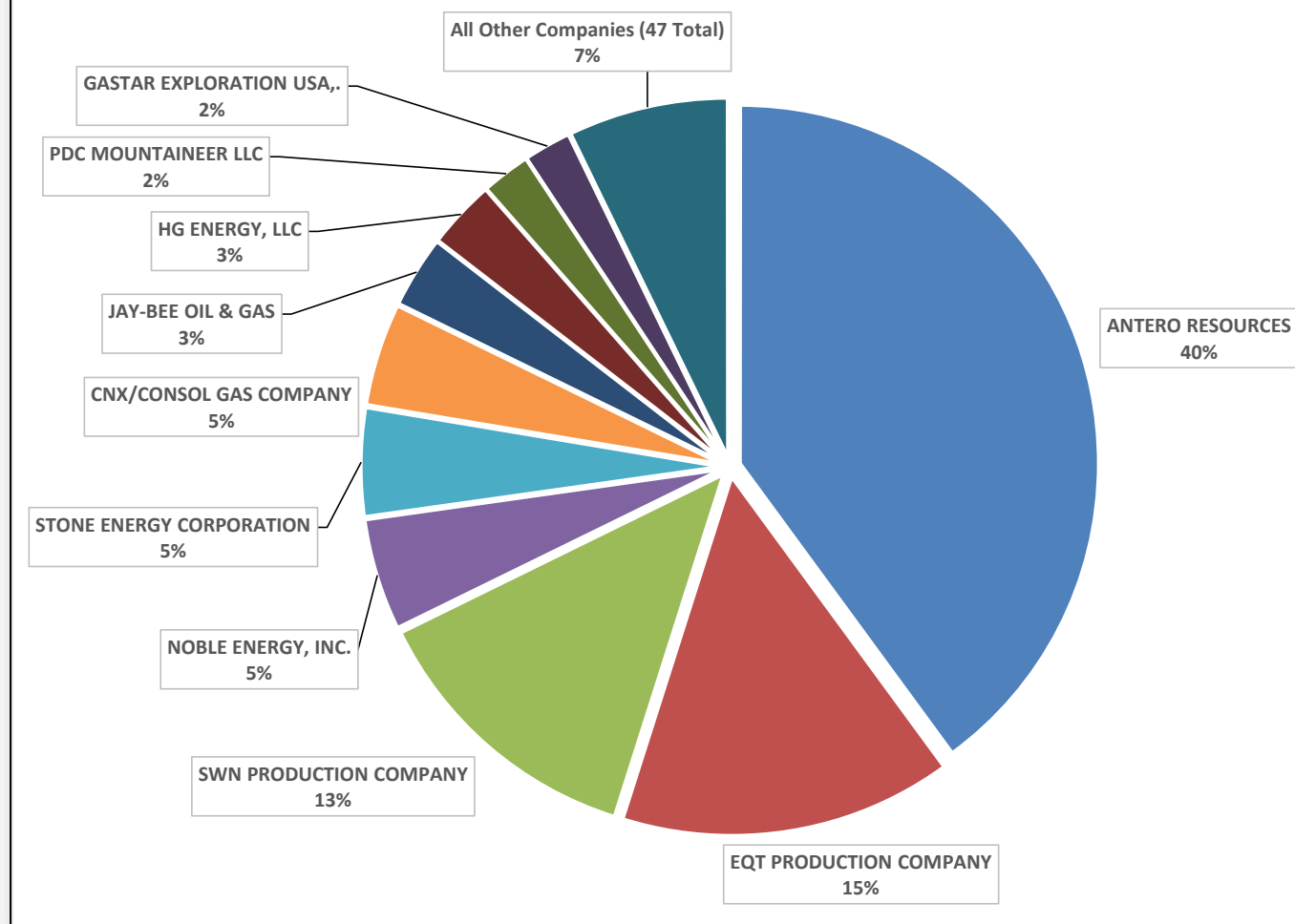
Producción de Líquidos de West Virginia



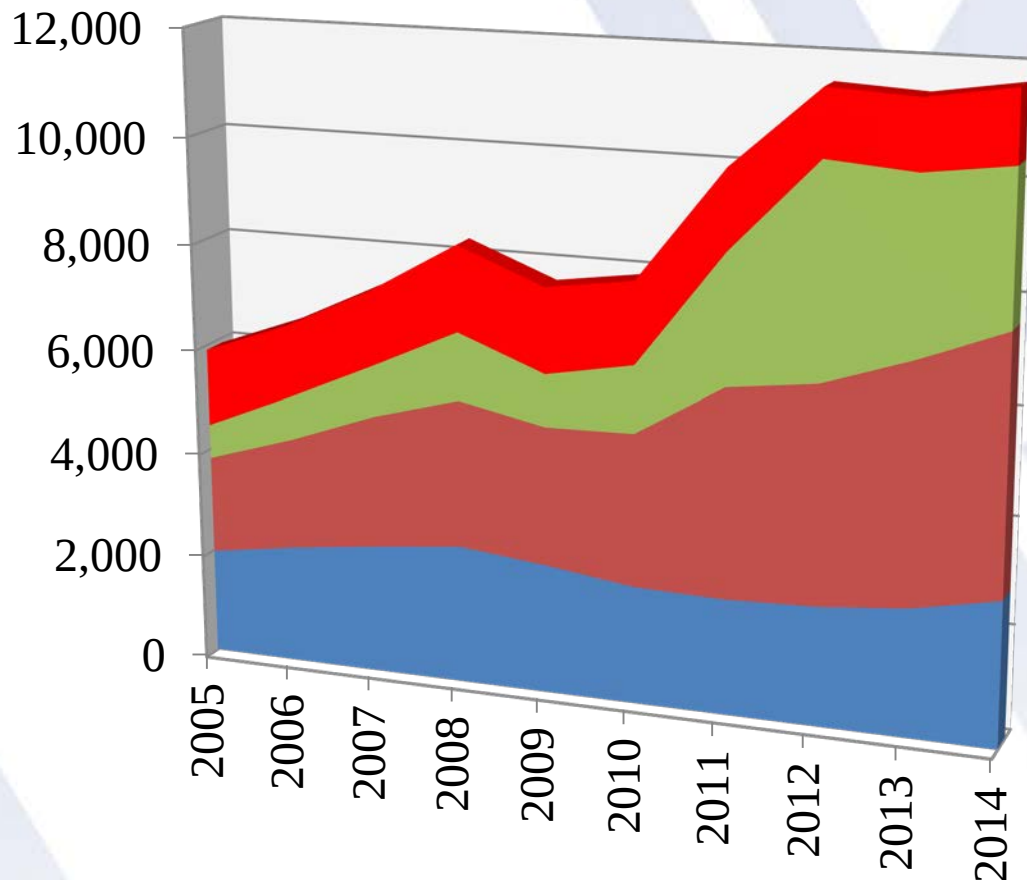
Producción de Gas de West Virginia



West Virginia 2014 Marcellus Gas Production by Operator



Empléo en la Industria Petrolera en WV



■ Pipeline Operation

■ Pipeline Construction

■ Oil and Gas Support Operations

■ Oil and Gas Extraction

Industrial Sector

Avg. Wage \$39,833.04/yr.

Oil & Gas Sector

Avg. Wage \$81,542.37/yr.

Since 2005: Increase 5,516 jobs in

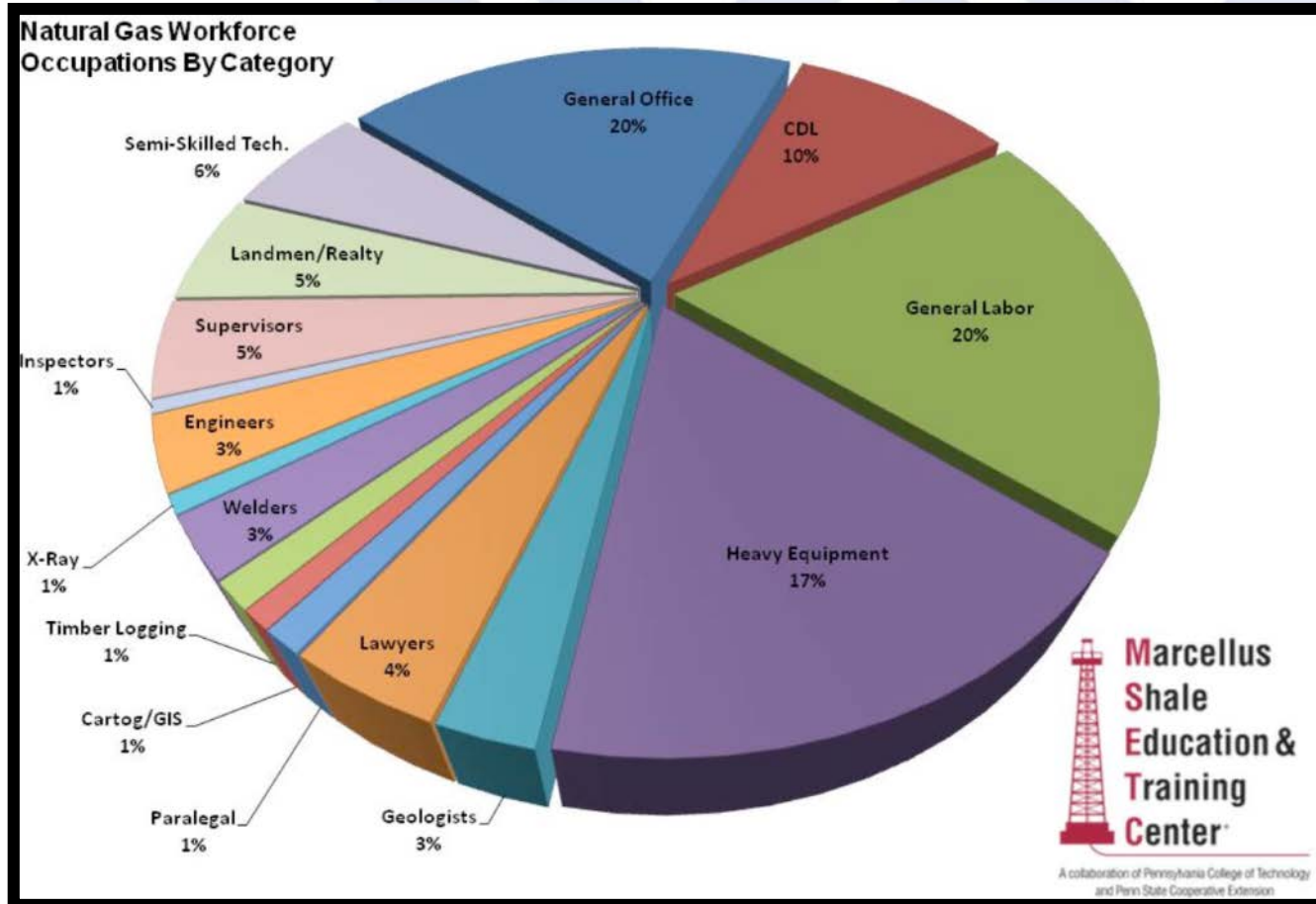
Oil & Gas to 11,428

90% of the total increase in
private sector employment



Empléo en la Industria Petrolera en WV

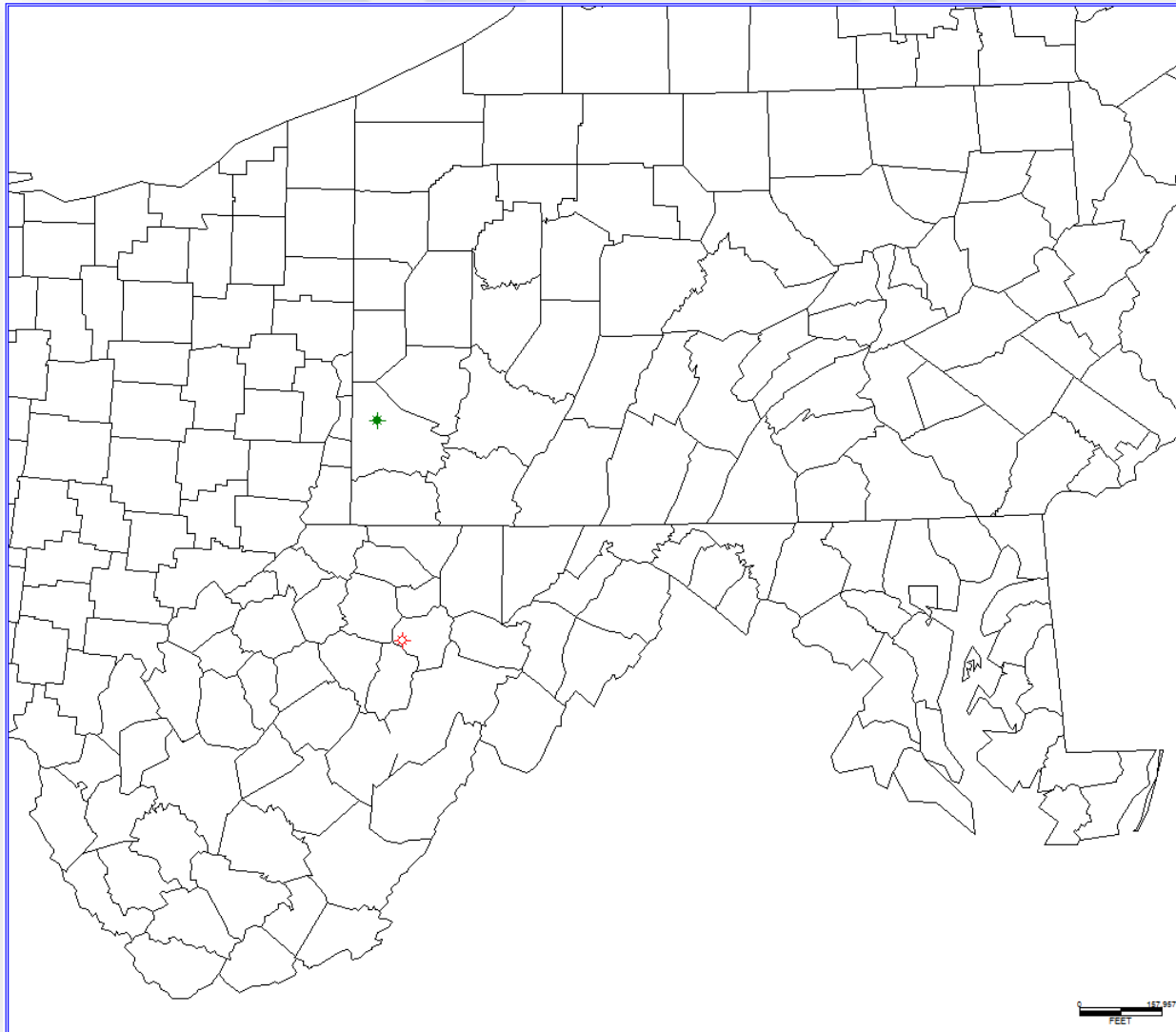
Por Sector



J. Jacquet, Marcellus Shale Education and Training Center



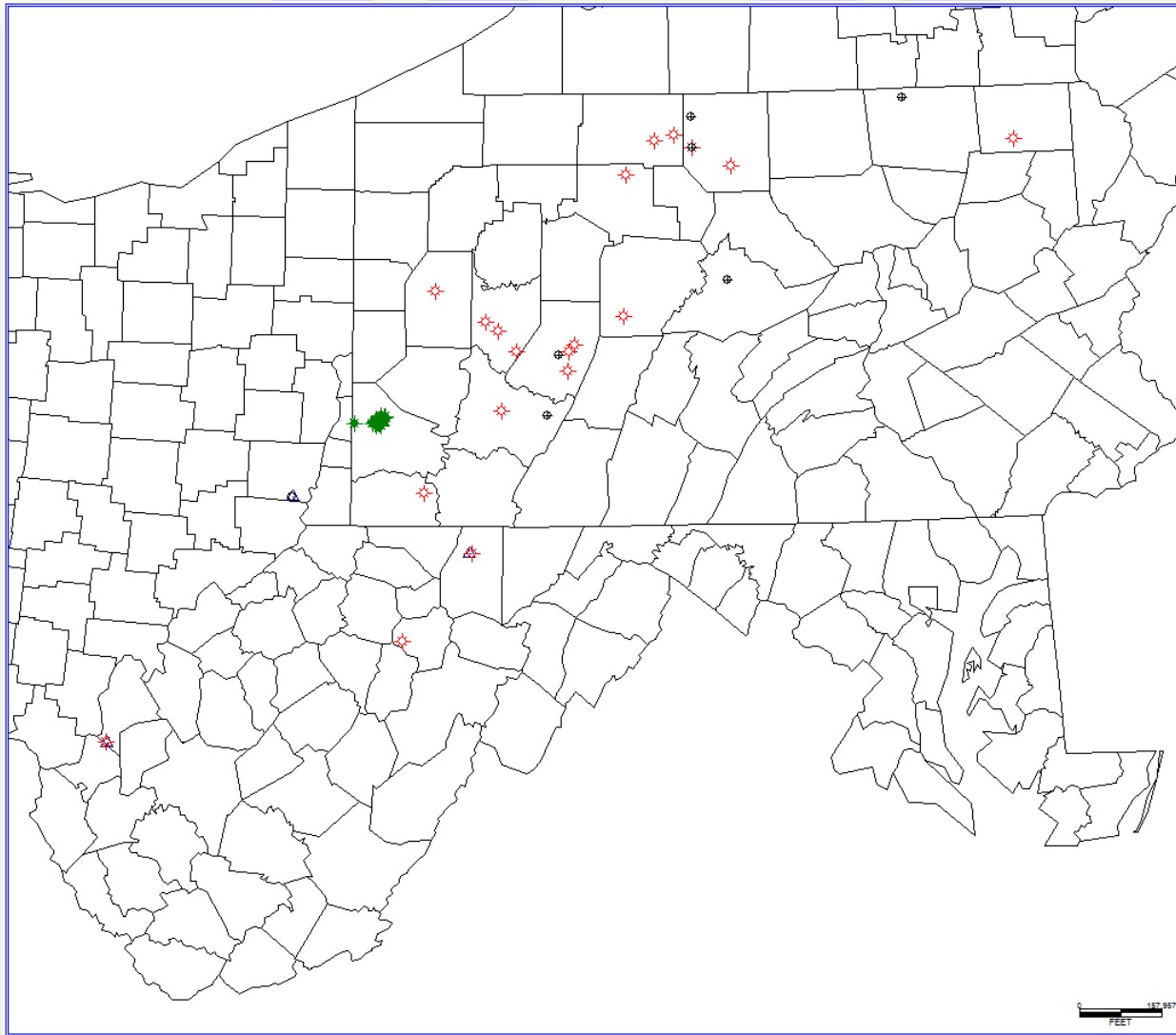
Pozos Horizontales al Marcellus al 2005



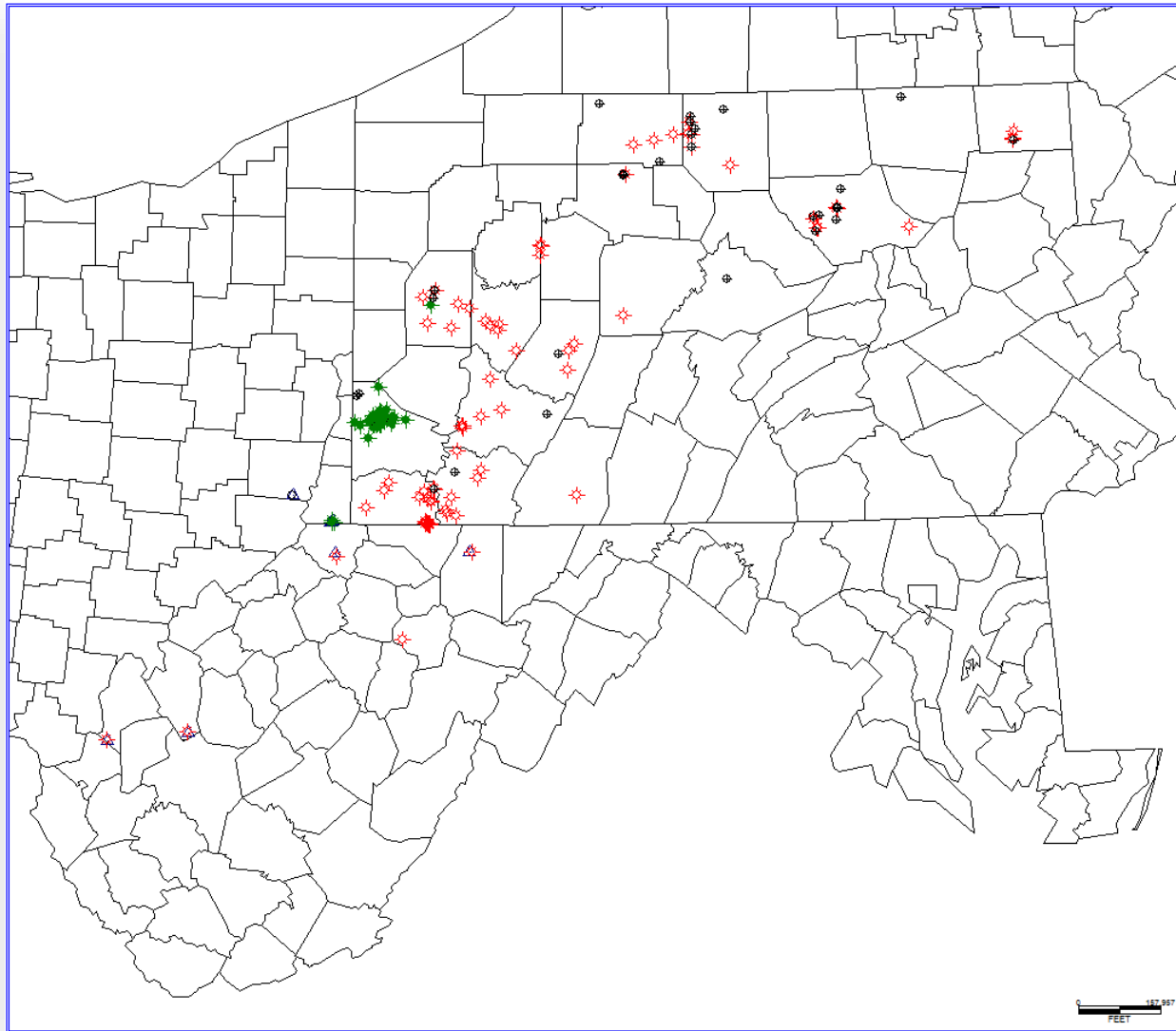
1 Well



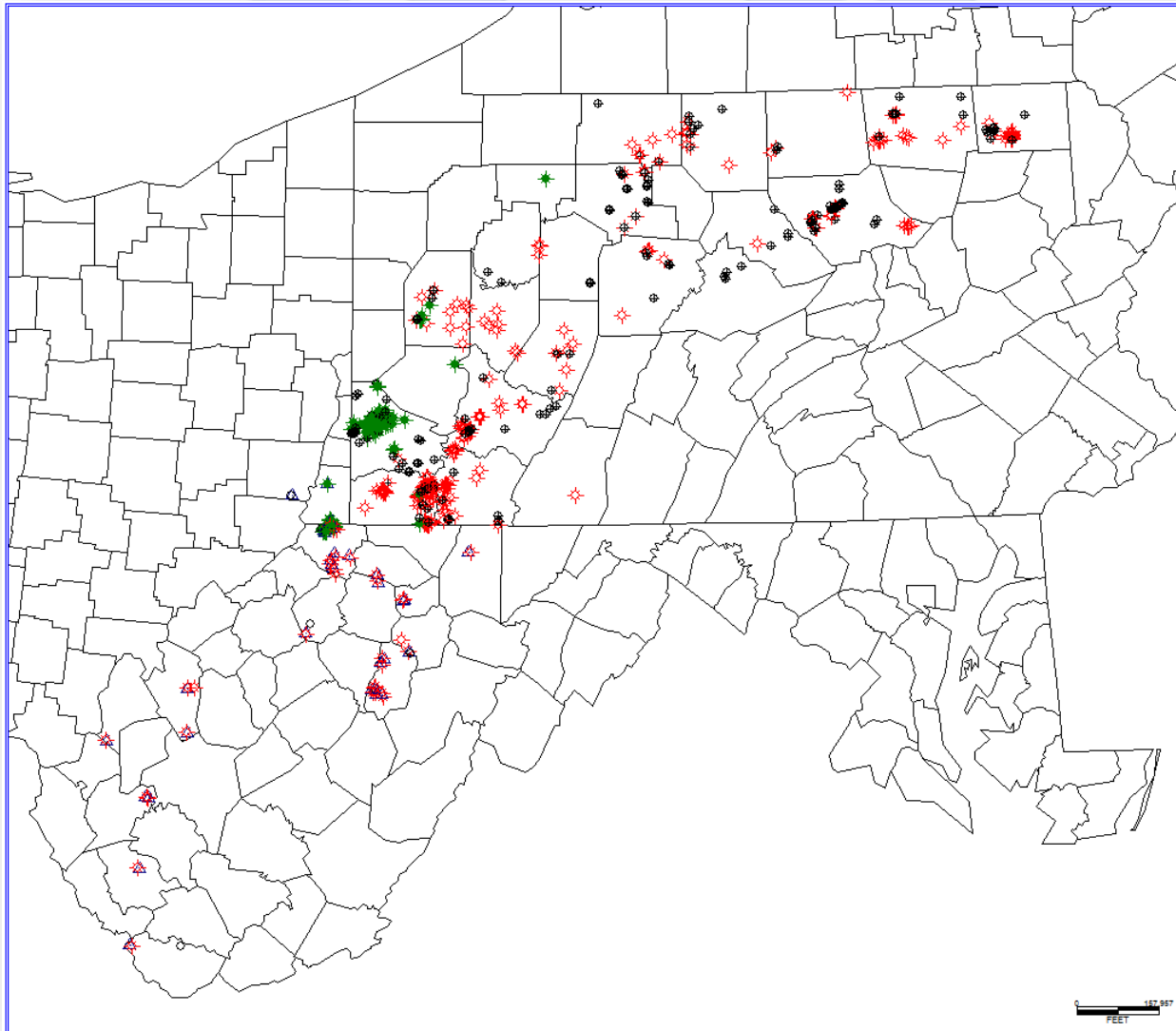
Pozos Horizontales al Marcellus al 2006



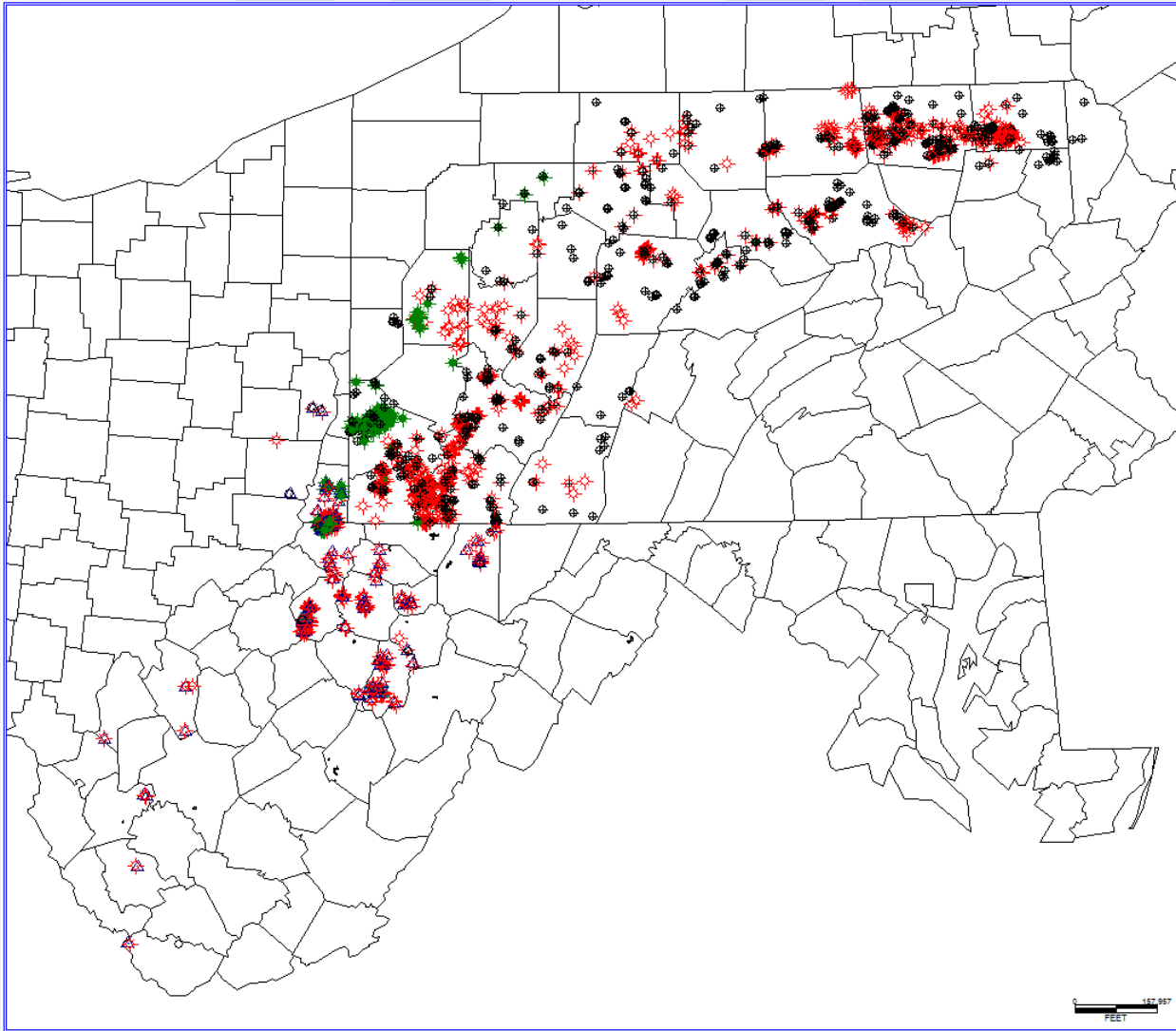
Pozos Horizontales al Marcellus al 2007



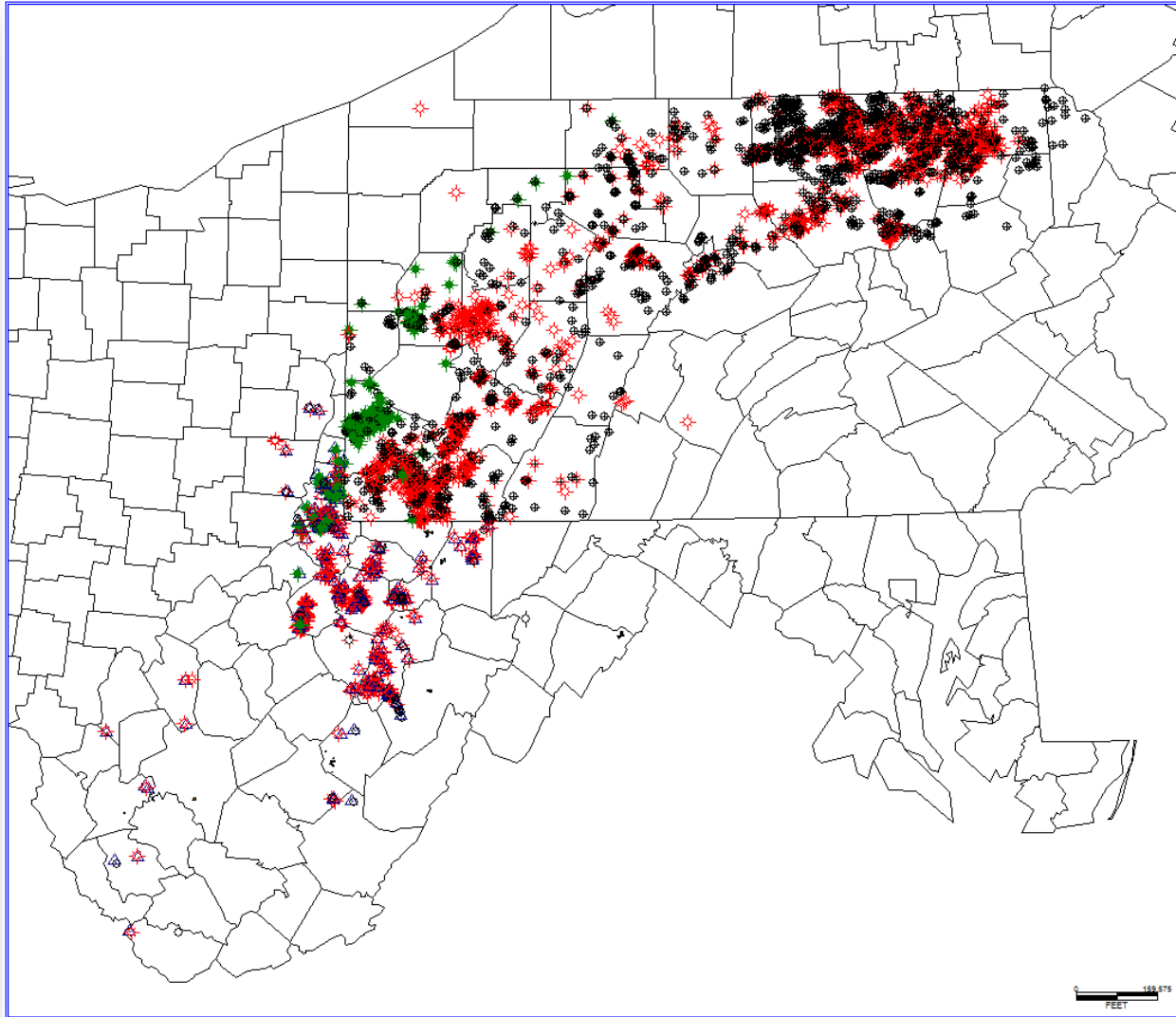
Pozos Horizontales al Marcellus al 2008



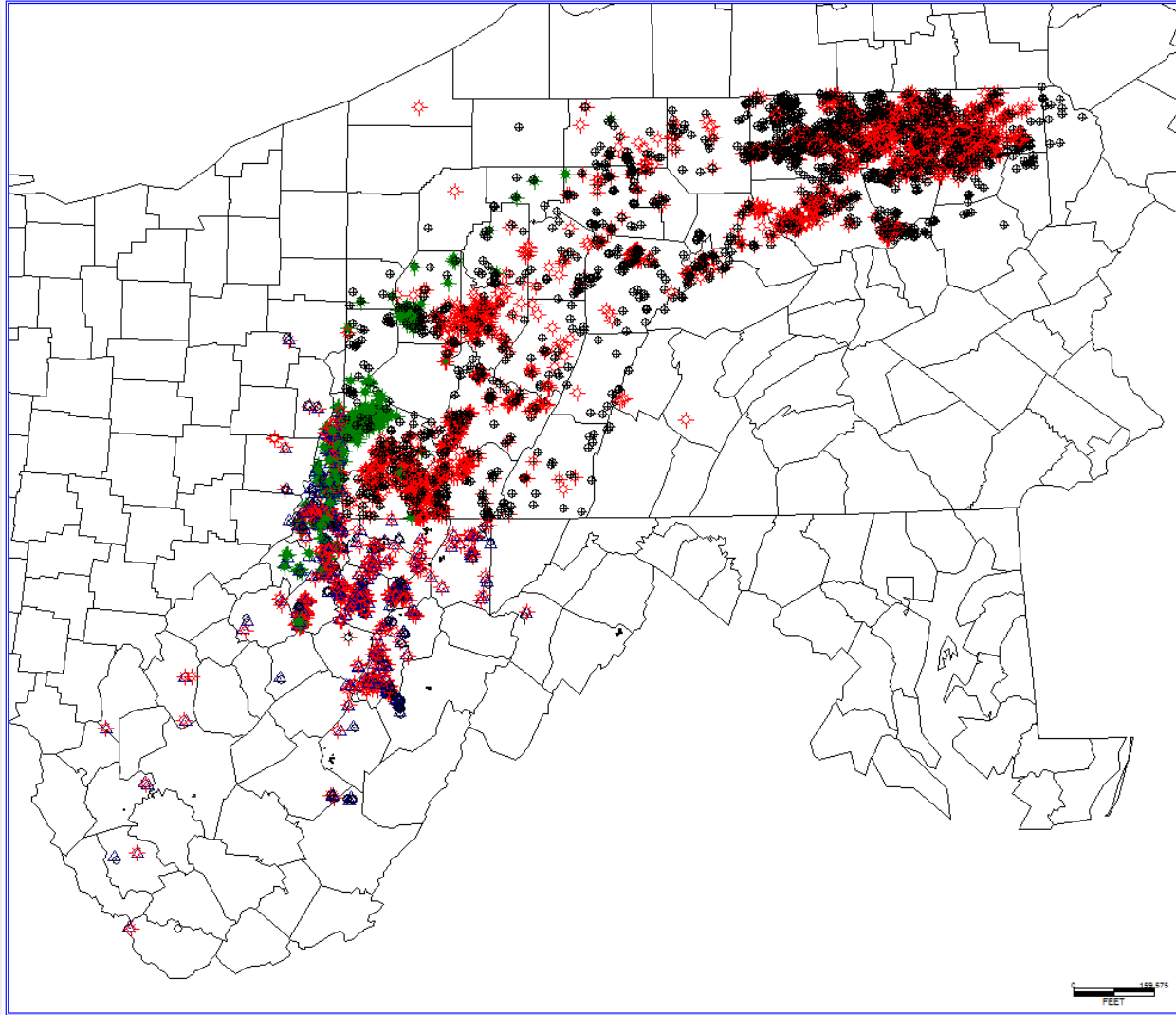
Pozos Horizontales al Marcellus al 2009



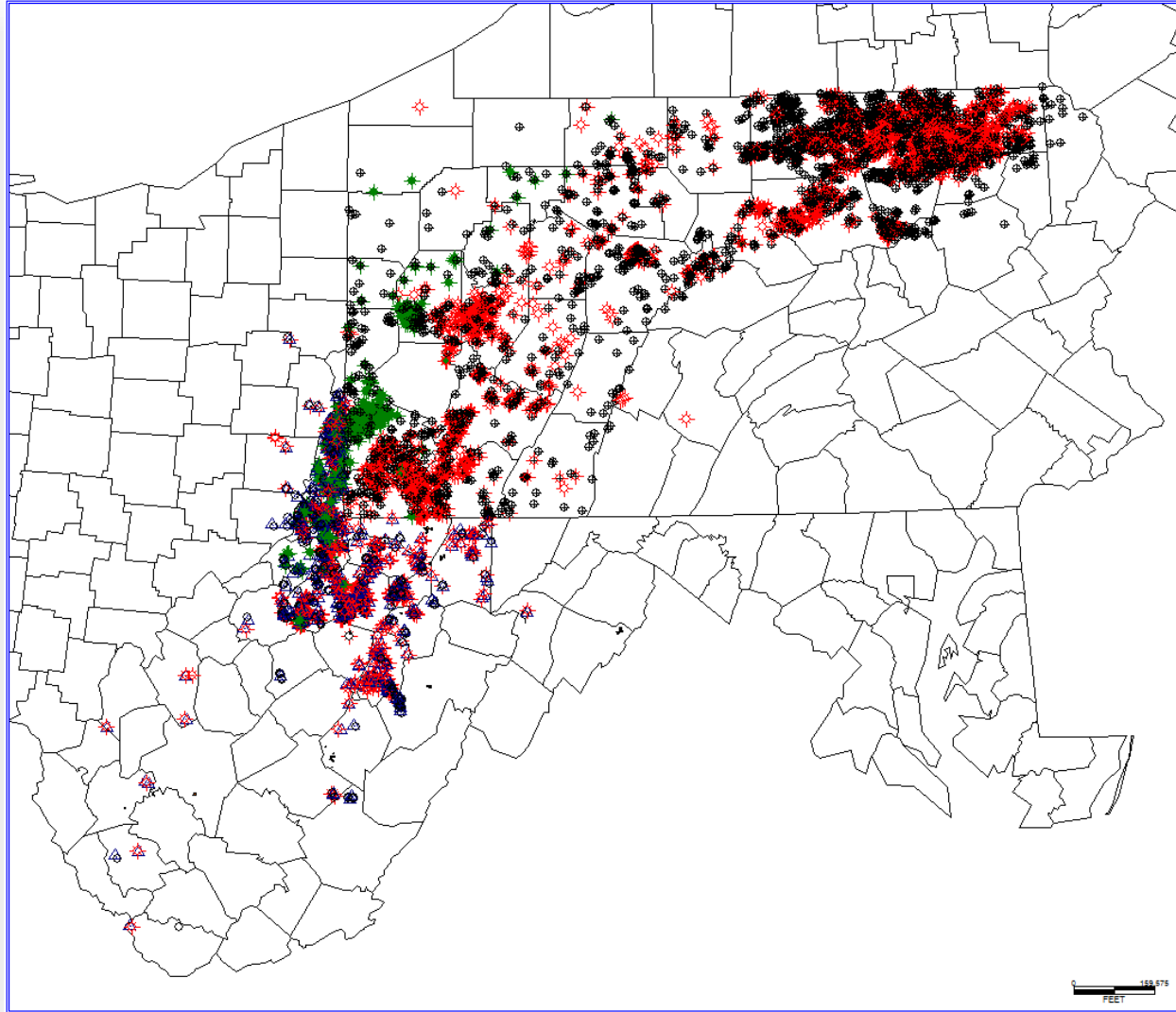
Pozos Horizontales al Marcellus al 2010



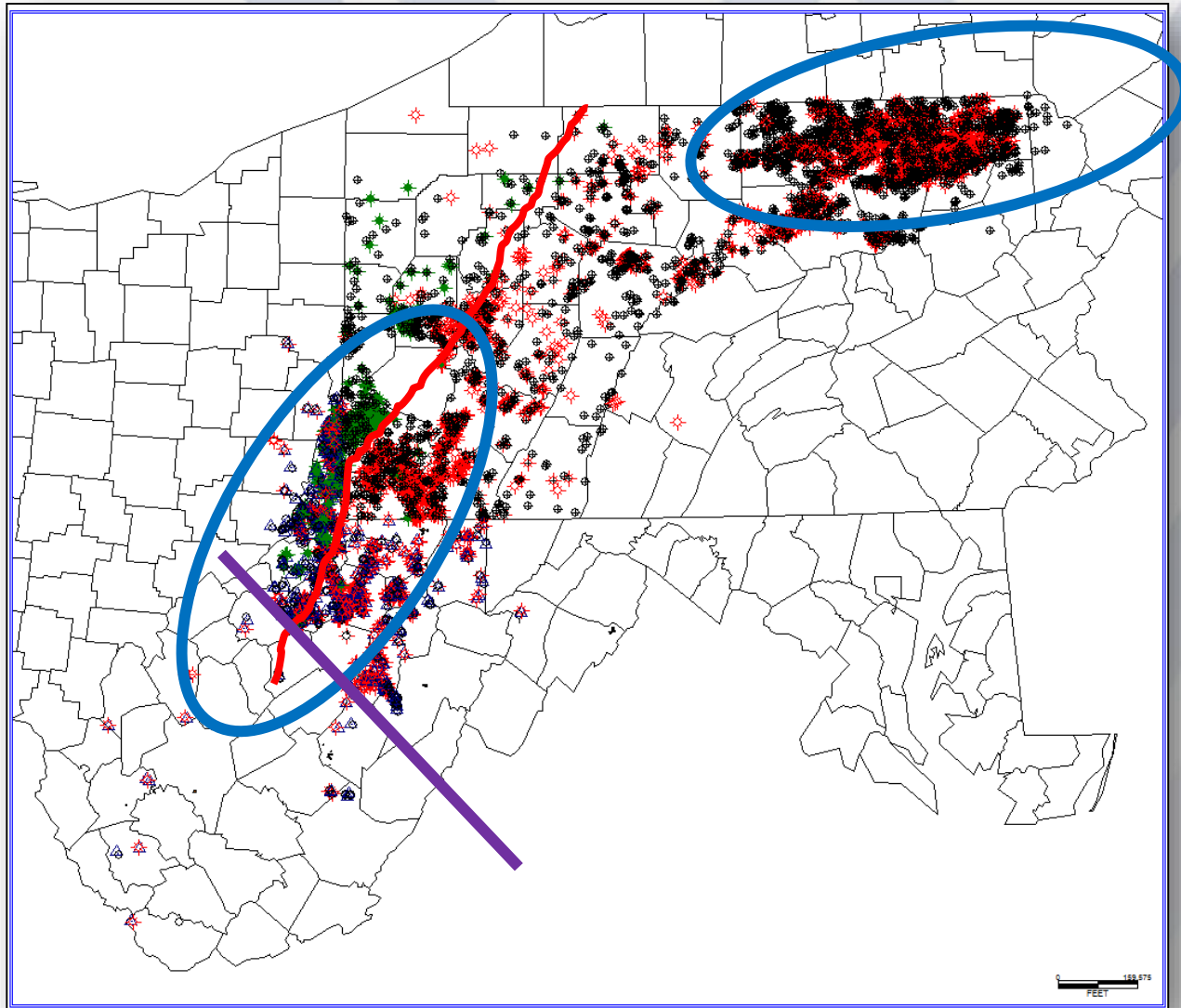
Pozos Horizontales al Marcellus al 2011



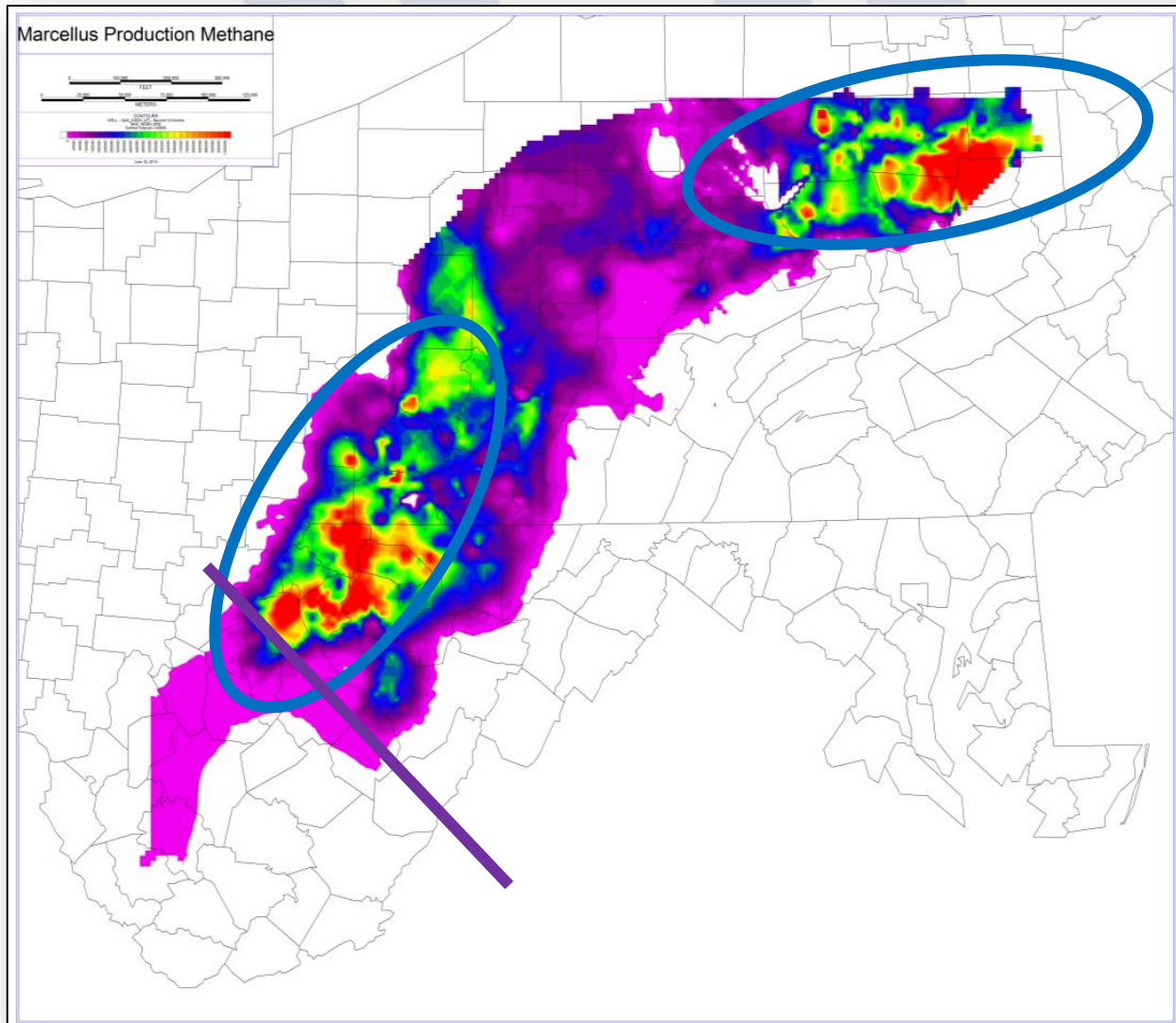
Pozos Horizontales al Marcellus al 2012



Pozos Horizontales al Marcellus al 2013



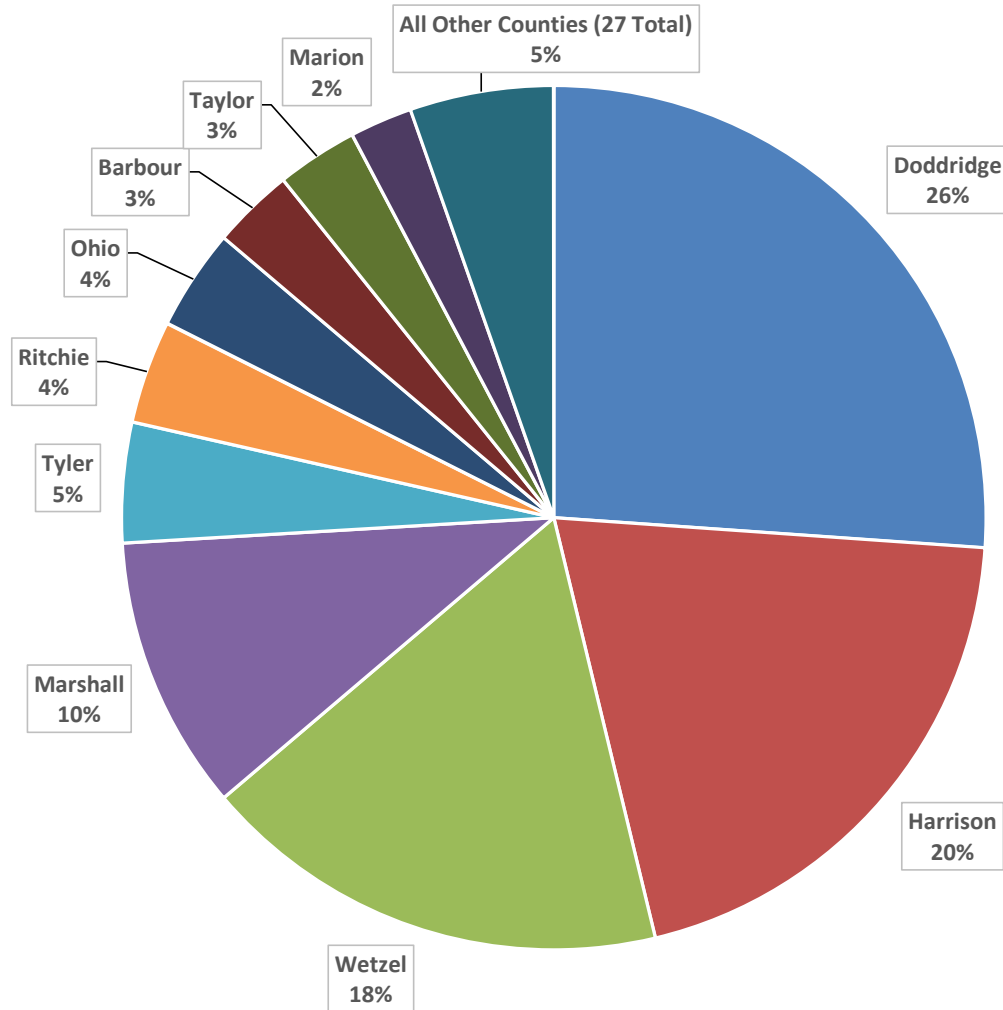
Producción del Normalizada del Marcellus



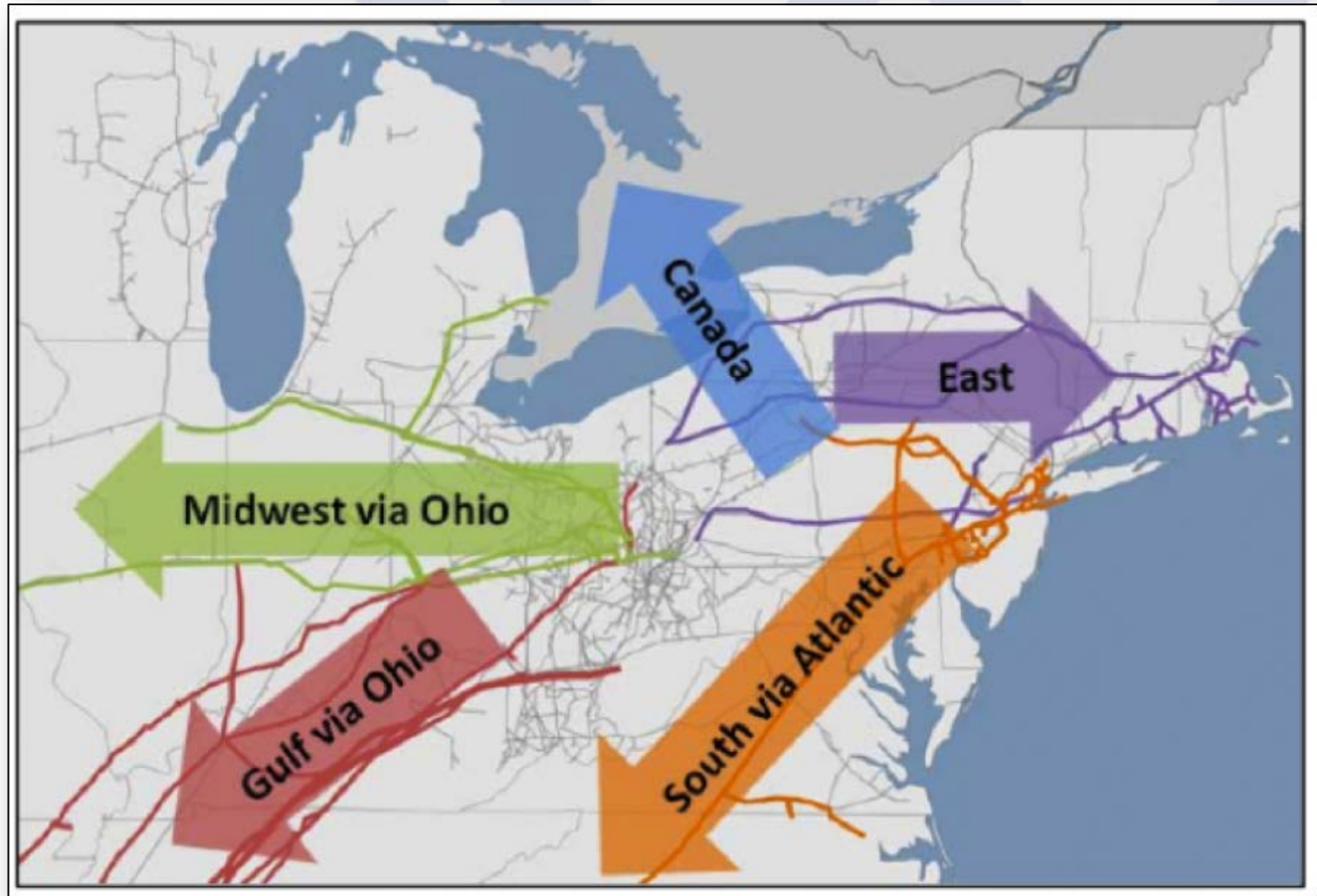
2nd and 3rd Six Month Production



West Virginia 2014 Marcellus Gas Production by County



Construcción de Gasoductos



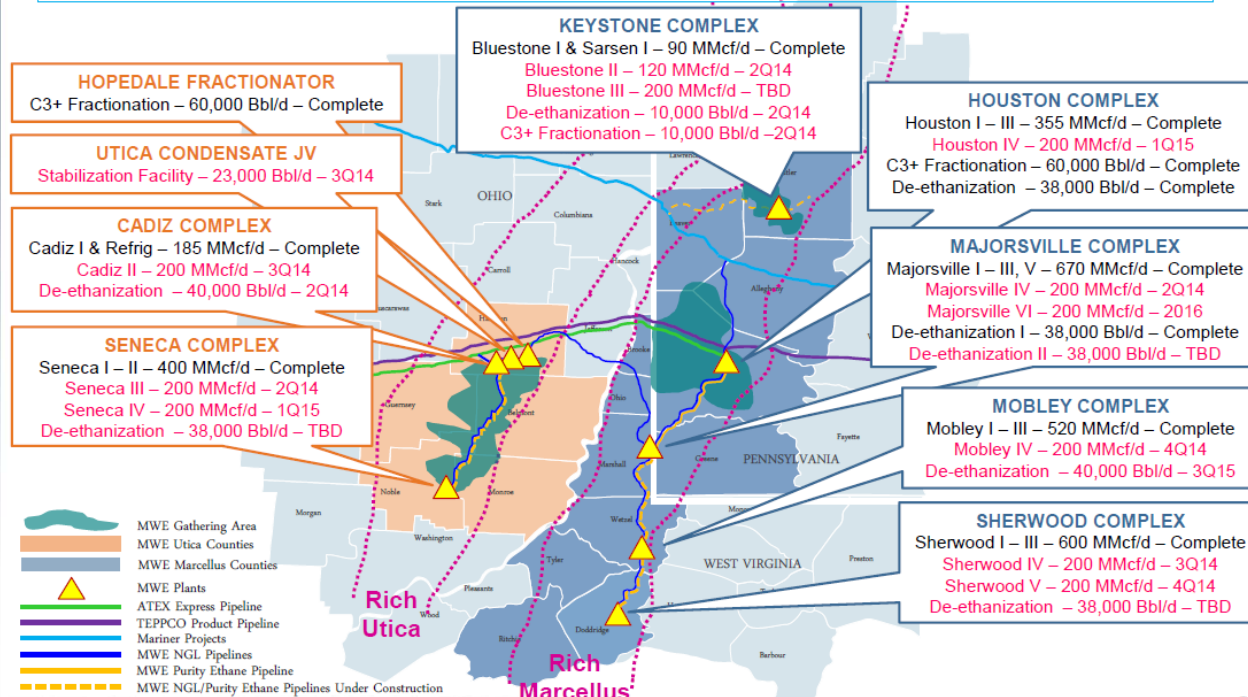
Source: RBN Energy



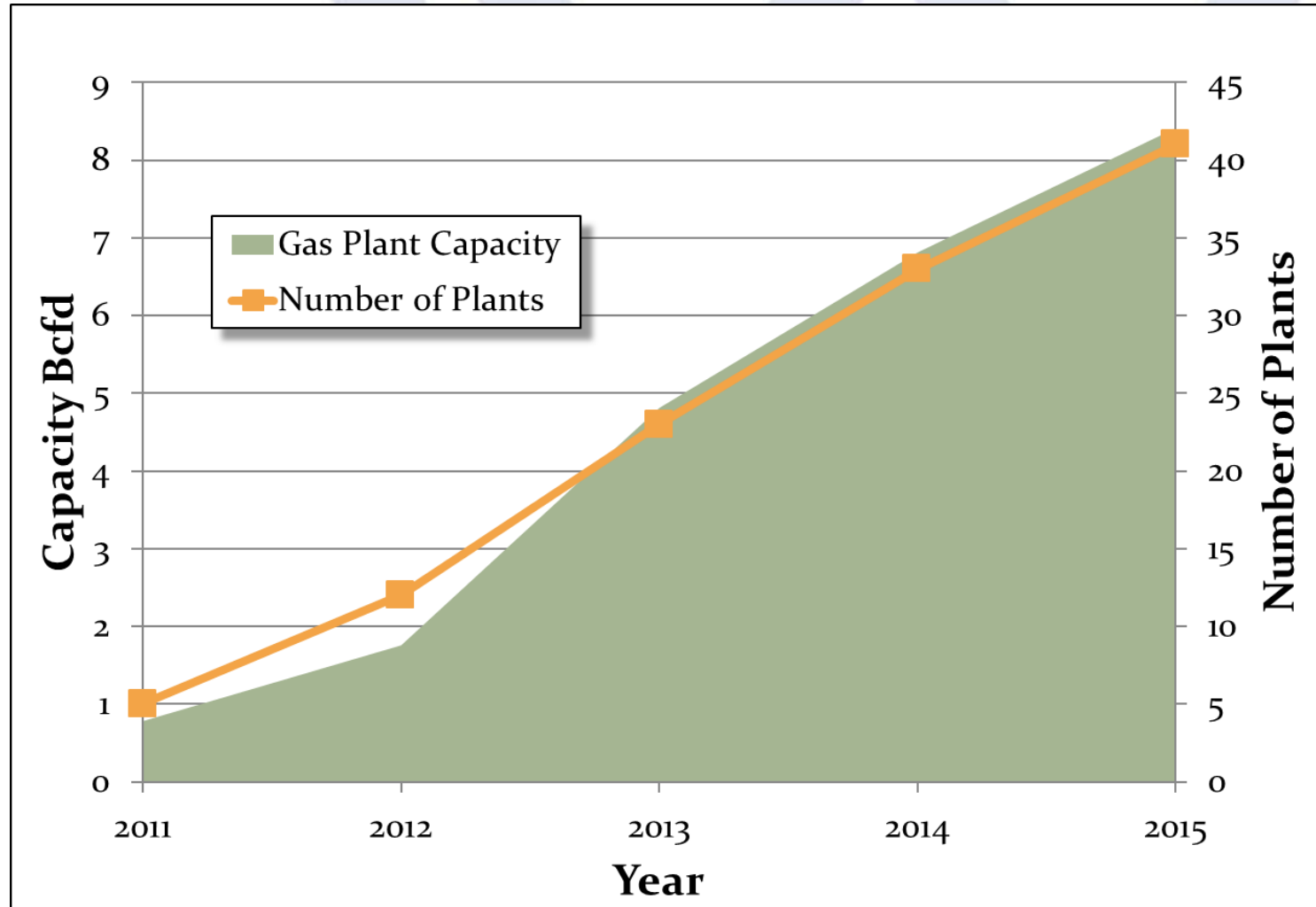
Procesamiento del Marcellus y Utica

Marcellus & Utica: 23 Major Projects Complete...

...19 Major projects under construction



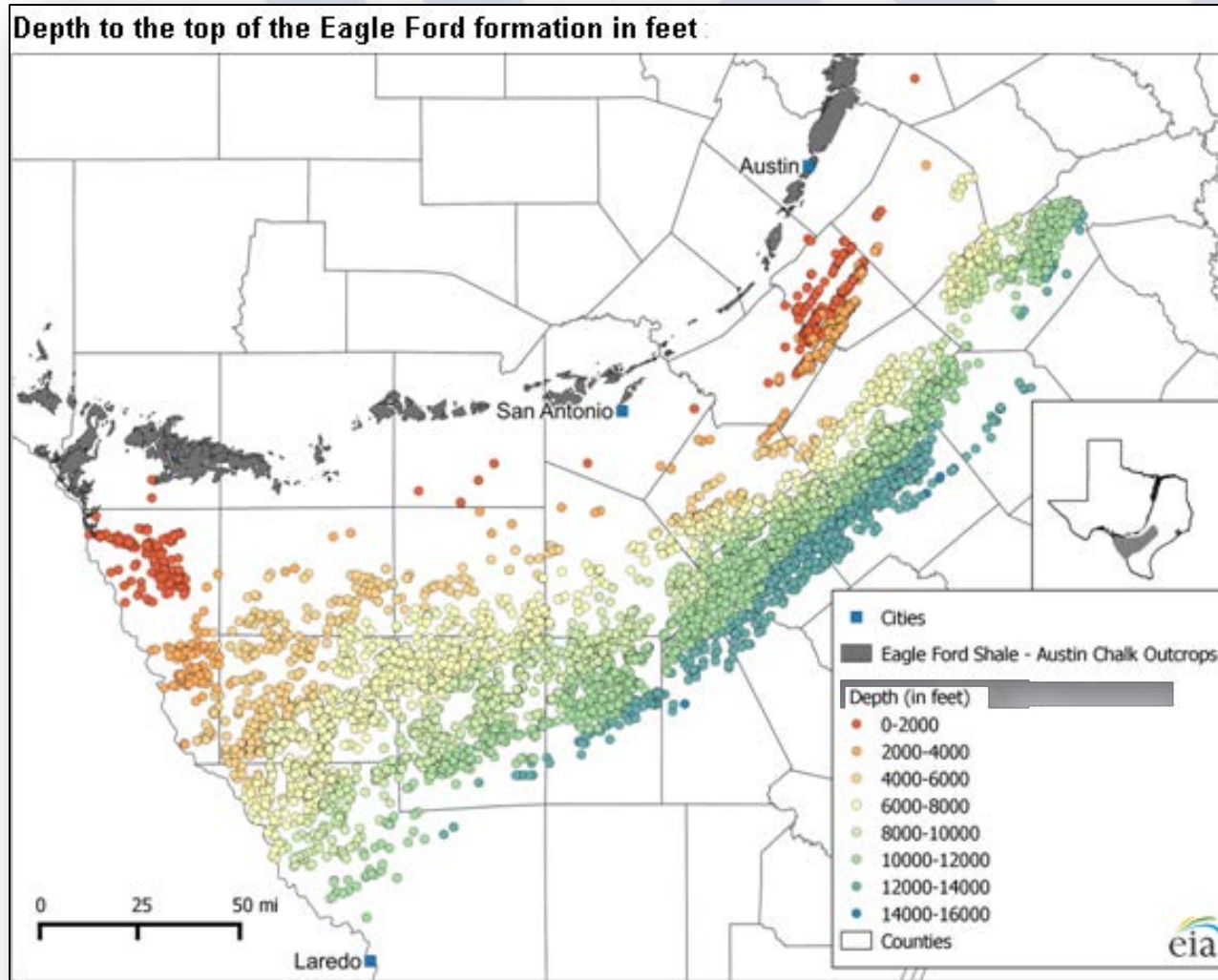
Nuevas Plantas de Gas en Appalachia



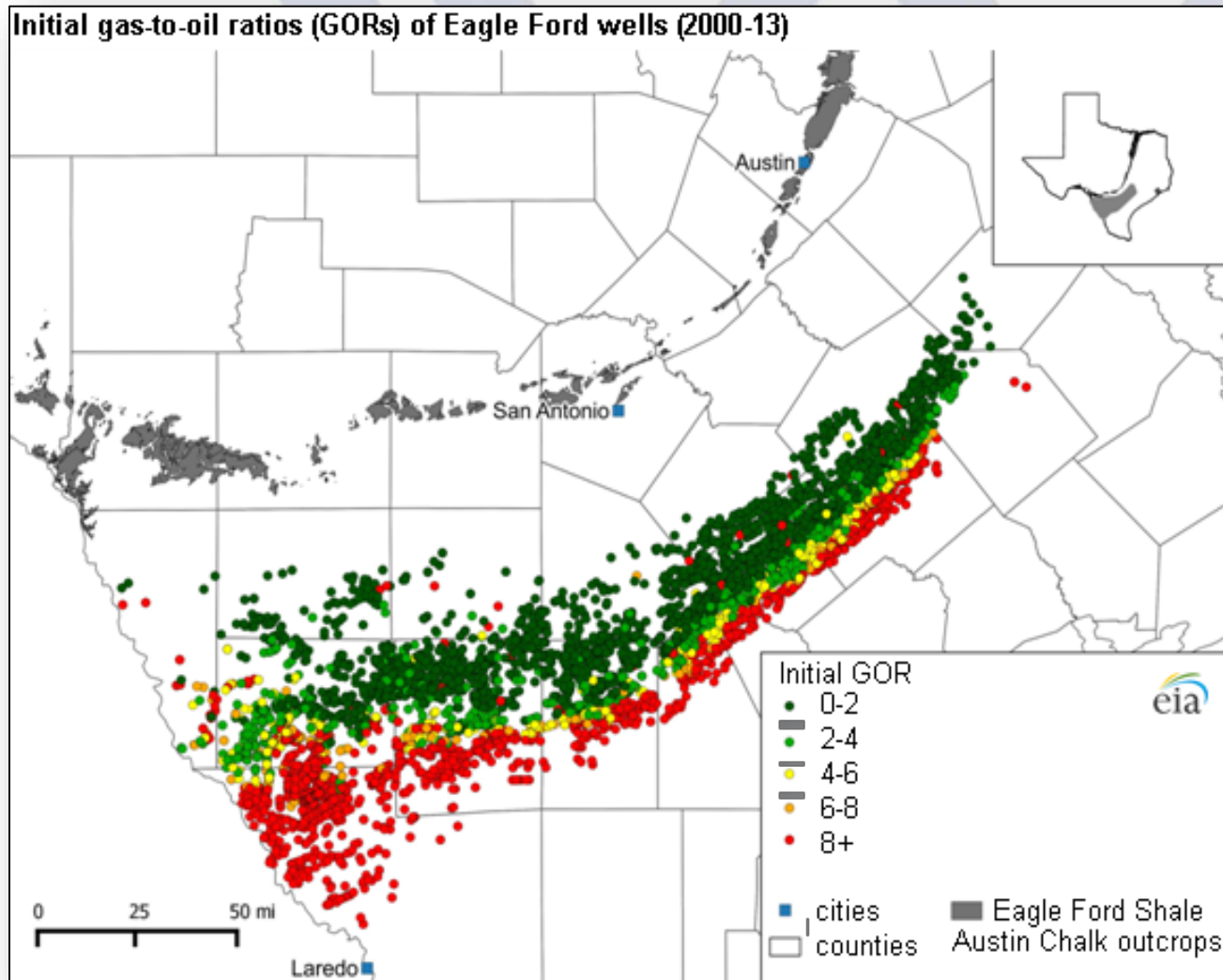
Source Oil & Gas Journal 06/02/2014



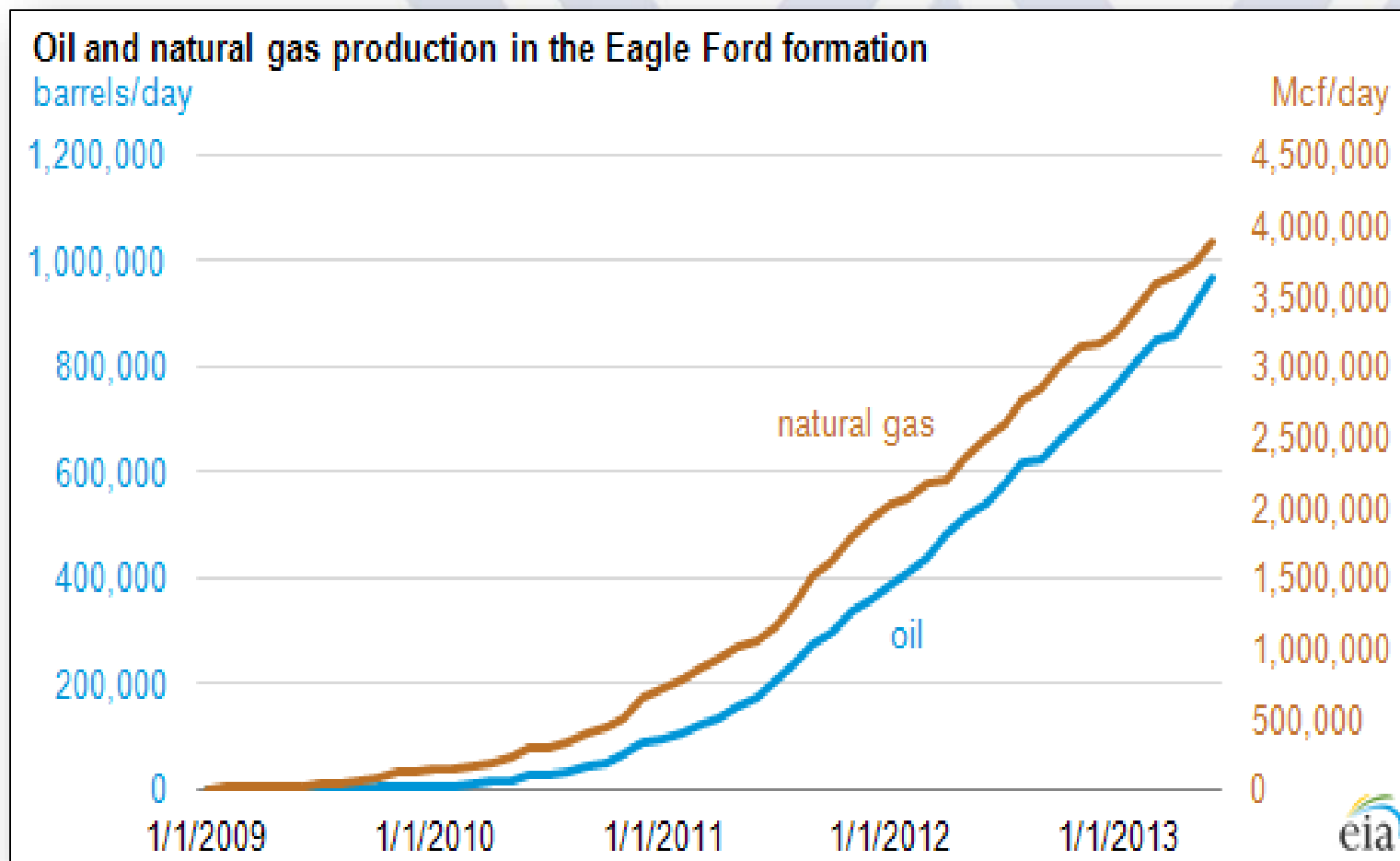
Esquisto Eagle Ford



Esquisto Eagle Ford



Esquisto Eagle Ford



Oportunidades Internacionales

Shale oil		
rank	country	billion barrels
1	Russia	75
2	United States	58
3	China	32
4	Argentina	27
5	Libya	26
6	Venezuela	13
7	Mexico	13
8	Pakistan	9
9	Canada	9
10	Indonesia	8
	World total	345

Shale gas		
rank	country	trillion cubic feet
1	China	1,115
2	Argentina	802
3	Algeria	707
4	United States	665
5	Canada	573
6	Mexico	545
7	Australia	437
8	South Africa	390
9	Russia	285
10	Brazil	245
	World total	7,299

*Note: ARI estimates U.S. shale oil resources at 48 billion barrels and U.S. shale gas resources at 1,161 trillion cubic feet.
Source: United States: EIA and USGS; Other basins: ARI.*



Efectos de la Revolución del Esquisto de Gas

- La perforación horizontal y la fracturación hidraulica existen desde hace decadas
- La revolución ocurrió gracias a la perforación inteligente
 - ✱ Sísmica 3D Seismic – Mapas
 - ✱ Sensores durante la perforación
 - ✱ Brocas dirigidas con precisión
 - ✱ Microsísmica, Monitoreo de la fracturación con fibra optica
 - ✱ Bombas controladas por computador
 - ✱ Integración de datos actuales
 - ✱ Acceso Remoto
 - ✱ Taladros Automaticos
 - ✱ Sistemas Cerrados
 - ✱ Explorador controlado por computador- Bifuel, CNG and LNG
- Un taladro es un computador con una broca en la punta
 - ✱ Petabytes de datos producidos en cada pozo



Claves del Exito

- 🔹 Reducción de costos de perforación
- 🔹 La tecnología puede reducir costos e incrementar producción
- 🔹 Producción por pozo aumento 200-300% en 5 años
 - ✳️ Brocas dirigibles
 - ✳️ Pozos horizontals más largos
 - Orientación y espaciamiento correctos
 - ✳️ Numero de etapas de fracturación
 - ✳️ Abilidad de perforar una zona específica
- 🔹 Difencias de producción entre pozos
 - ✳️ Encontrar las areas más productivas
 - ✳️ Encontrar las zonas estratigráficas más productivas



Claves del Exito

🔹 Entender el recurso, las reservas y la productividad

- ✳ Profundidad, Espesor, Gradiente de Presión
- ✳ Determinación de la Posición Geologica
- ✳ Geonavegación
- ✳ Colocar grupos de perforaciones
- ✳ Diseñar las etapas de fracturación y la estimulación

🔹 Cambios Sutiles de las Propiedades del Esquisto

- ✳ Distribición del contenido organico
- ✳ Mineralogía – Fracturabilidad
- ✳ Discontinuidades Estructurales
 - Fallas y Geonavegación
- ✳ Orietación de los esfuerzos actuales
 - Volumen de reservorio estimulado
- ✳ Madures
 - Tipo de hidrocarburos
 - Porosidad y Permeabilidad del Reservorio



Esquisto Marcellus

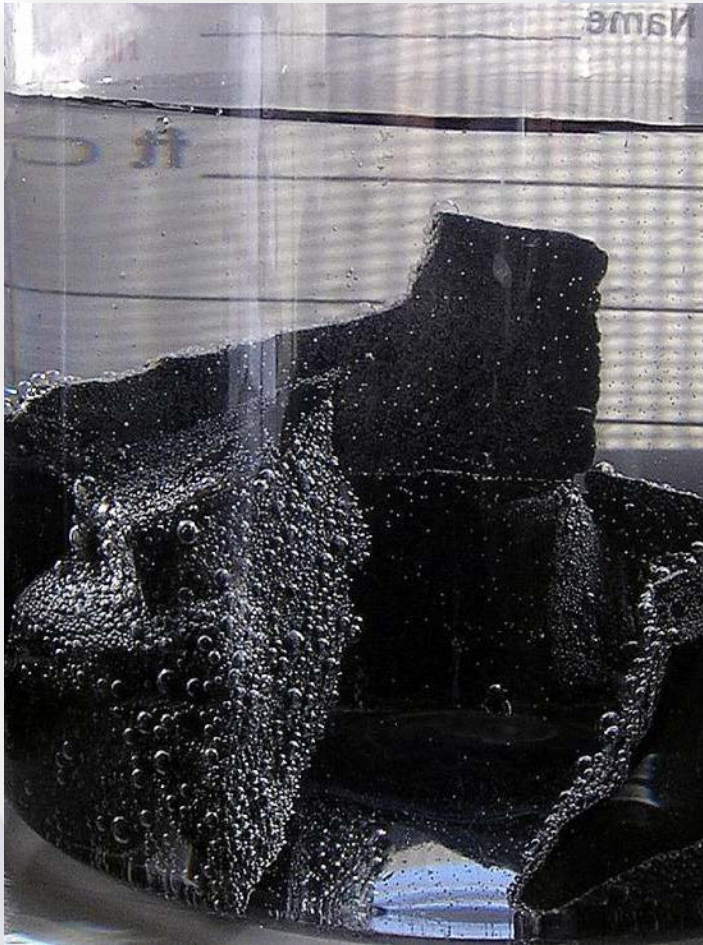
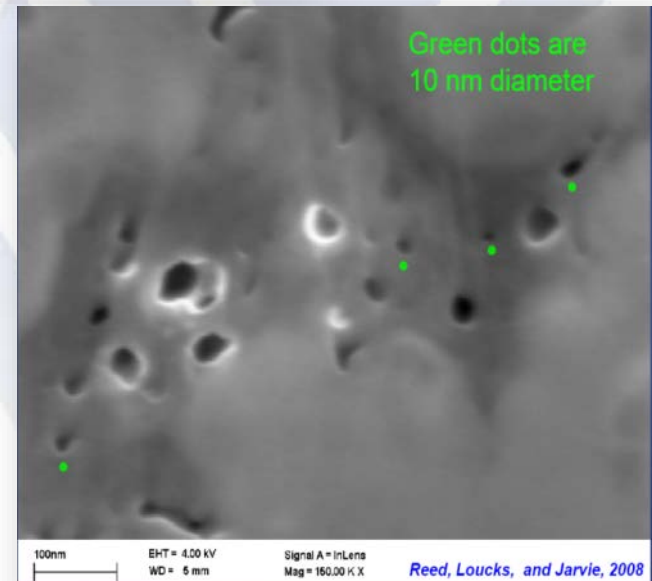


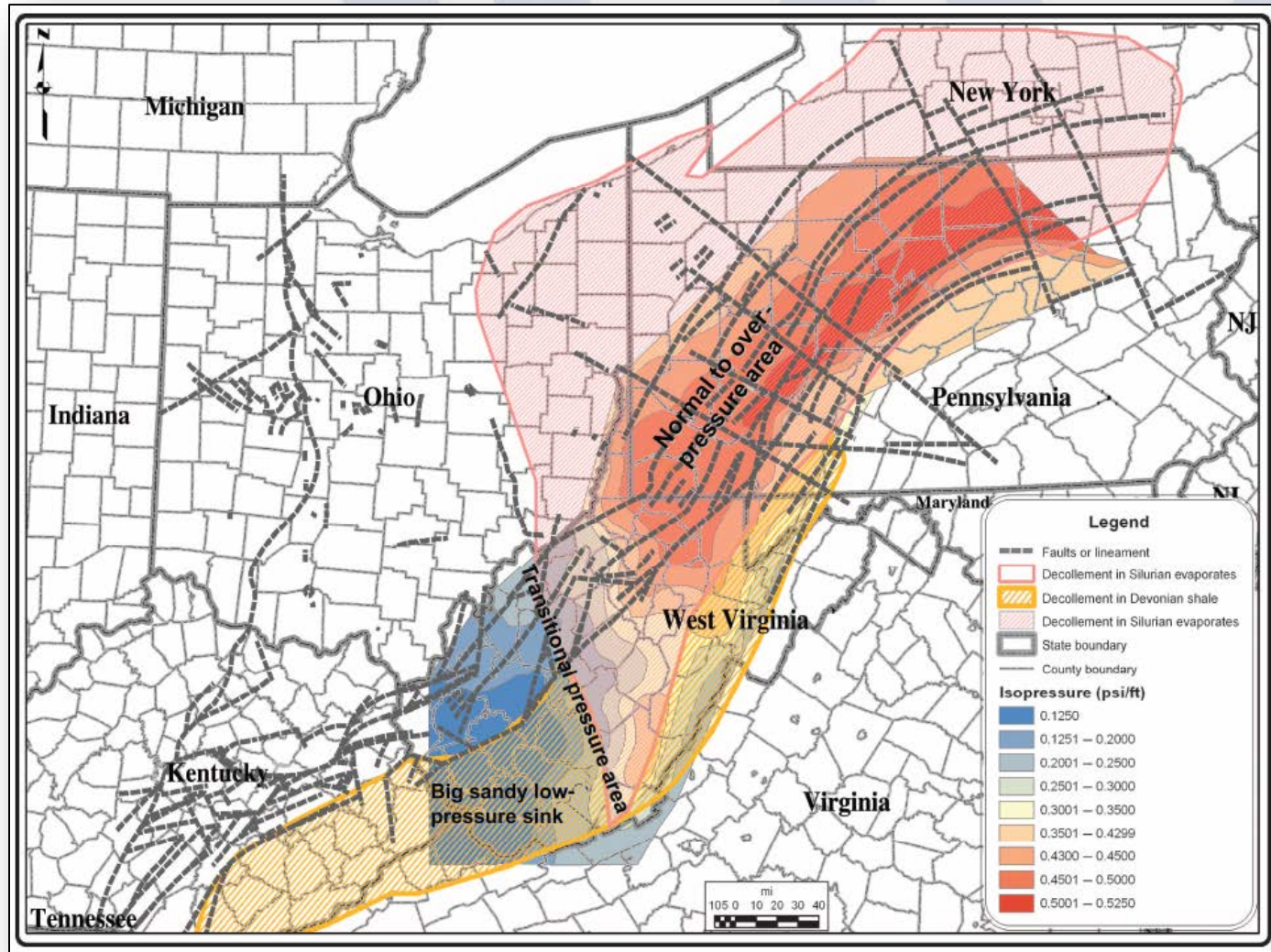
Figure 3. Field emission scanning electron photomicrograph of nanoscale pore architecture in the Barnett Formation. Image provided by R. Reed.



Reed, Loucks, and Jarvie, 2008



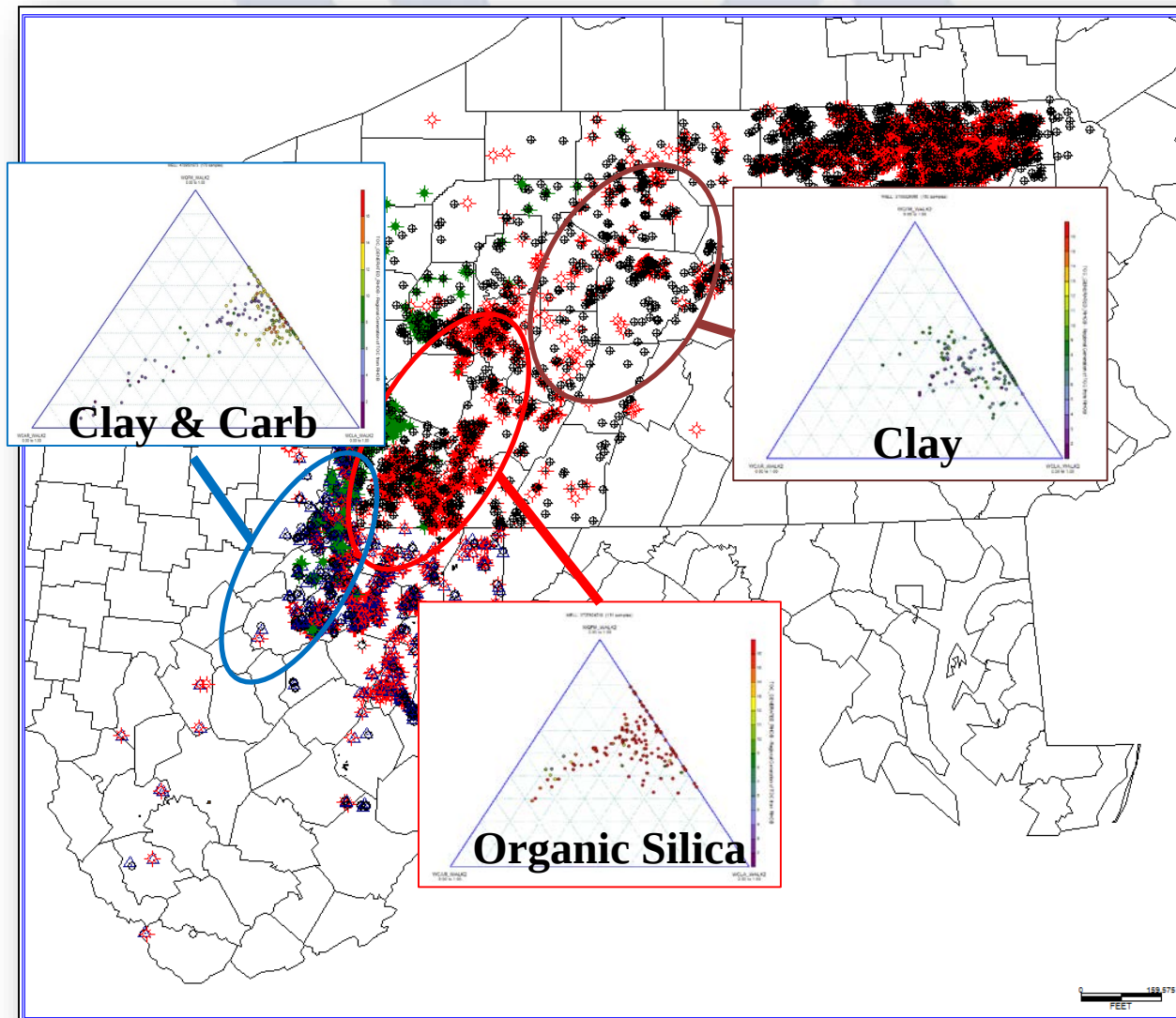
Gradiente de Presión



(Zagorski et al., 2012)



Marcellus Horizontal Wells



Geonavegación MIP-3H

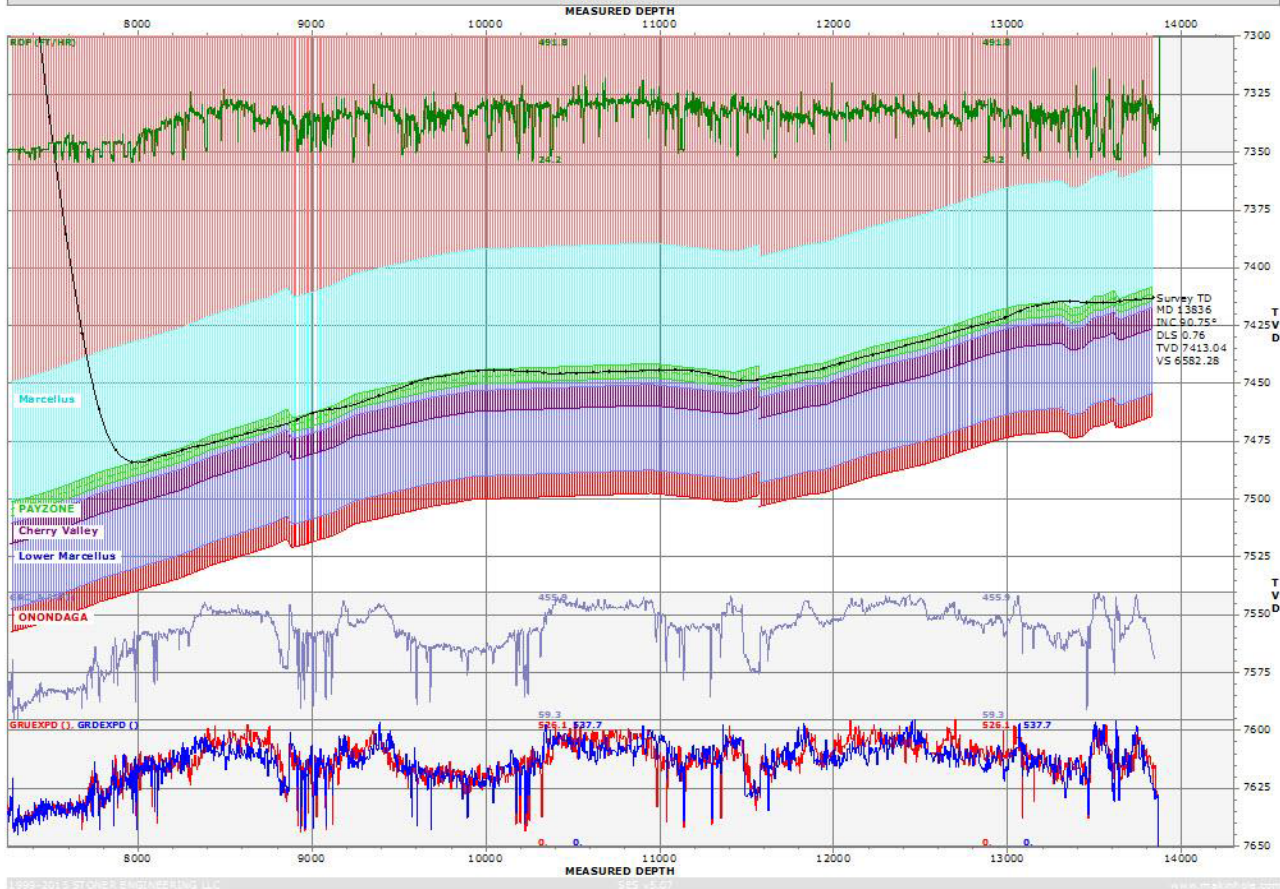
Diversified Well Logging, LLC

02:54 PM Monday, September 21, 2015

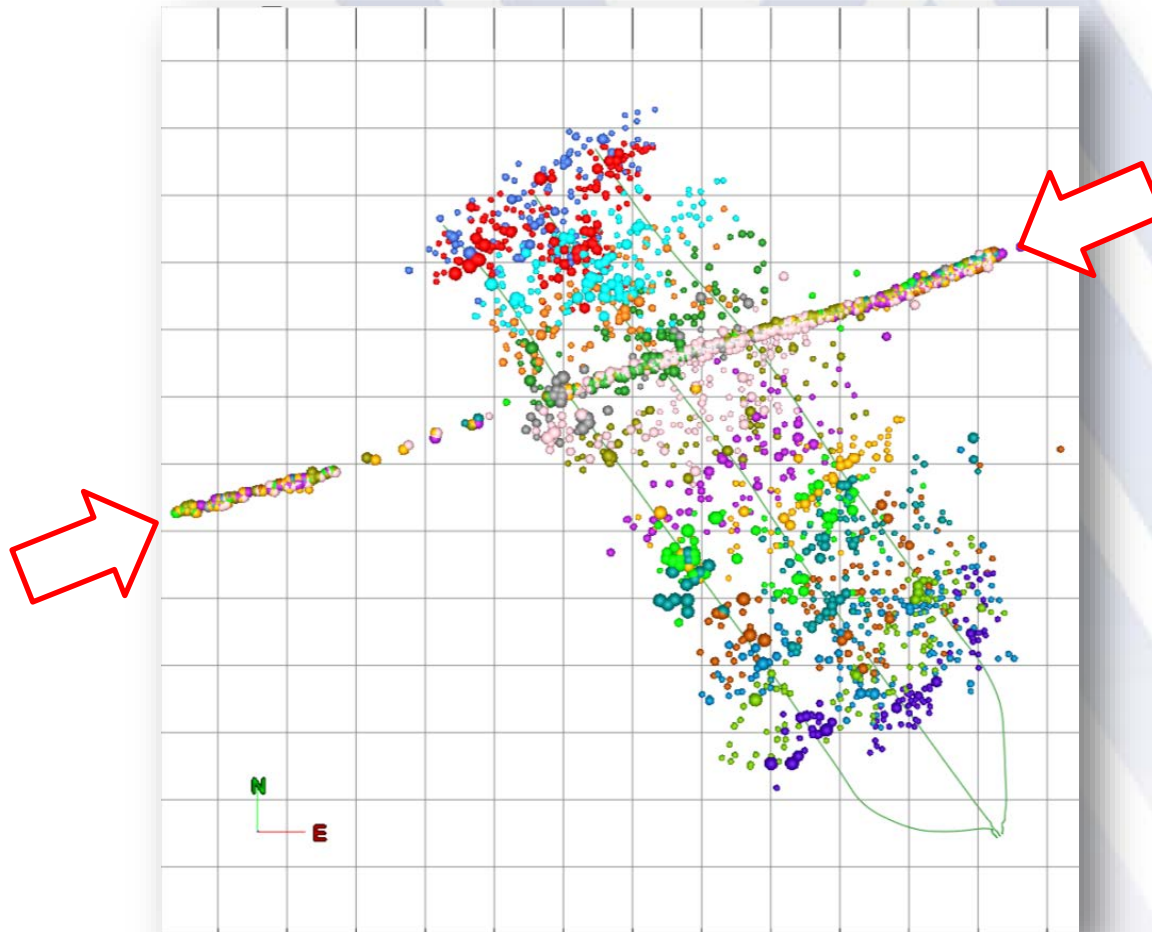
Operator **Northeast Natural**
Well Name **MIP 3H**

Analyst **GSC**
Units **feet** Well ID **4706101707**

Survey #1
Comment #2



FRACTURACION HIDRAULICA

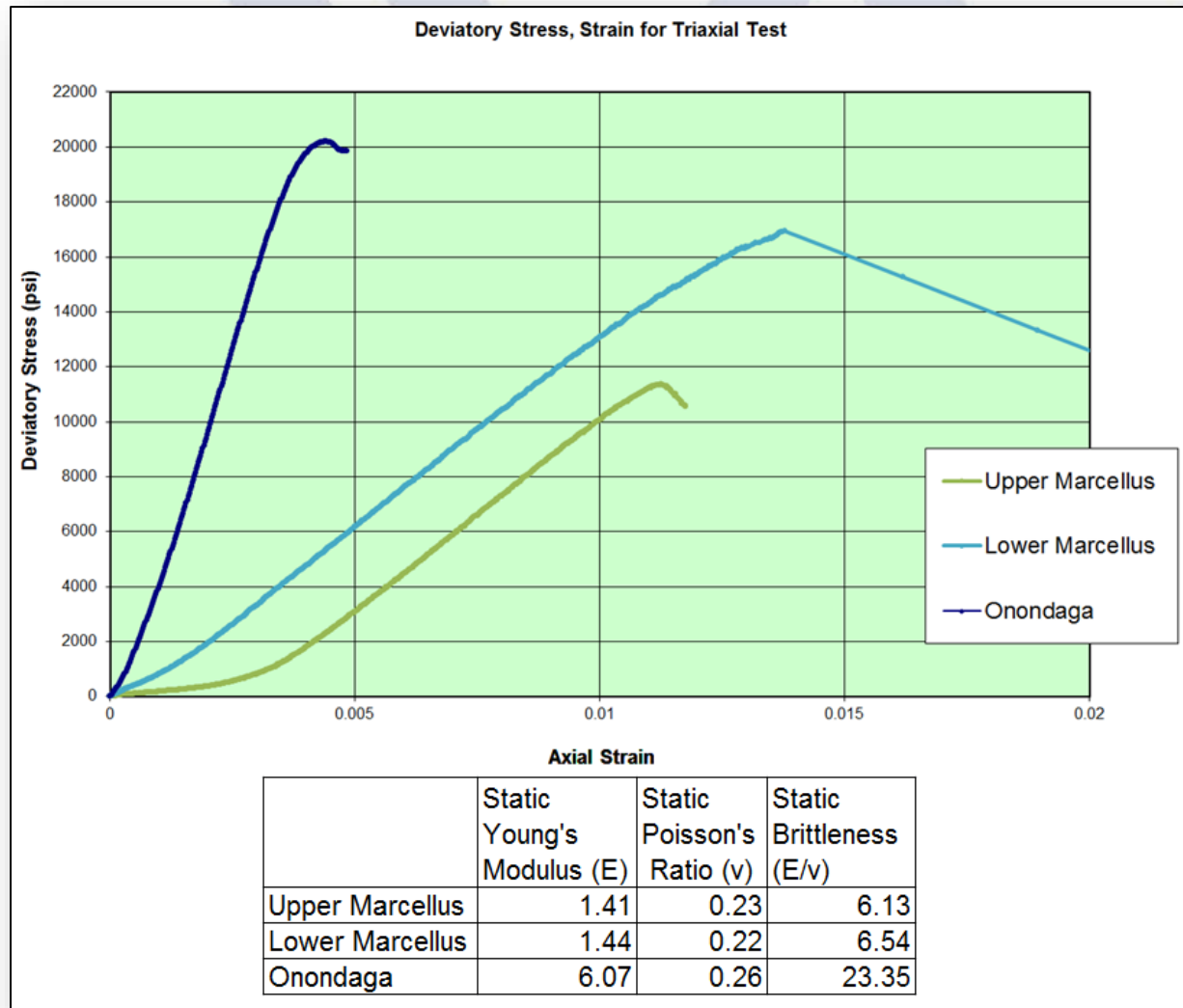


Cada cuadro es 500 x 500 pies

Microseismic, Inc.



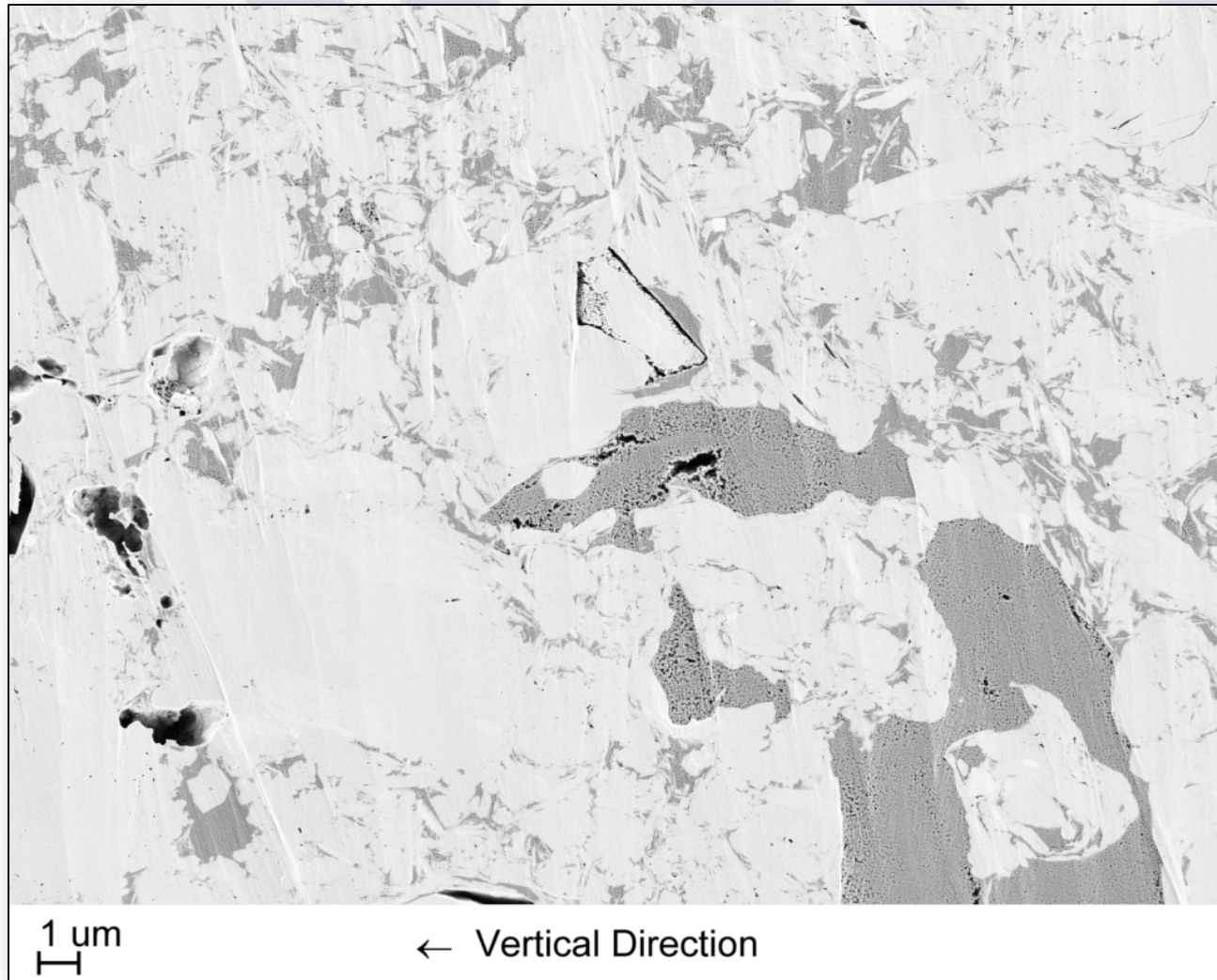
Estartigrafía Mecánica



(Bowers, 2014)



Imagen Microscopica del Marcellus



Construyendo una Asociación para la Investigación, Educación y la Difusión del Conocimiento

Industria

Comunidad

INFUSE



NGOs

Gobierno

Academia

Tim Carr

Phone: 304.293.9660

Email: tim.carr@mail.wvu.edu