

RIESGOS E INCERTIDUMBRES DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

Julio Fierro Morales

Geólogo MSc Geotecnia

Docente Fac. Ingeniería y del Instituto de Estudios Ambientales

Universidad Nacional de Colombia

Grupo TERRAE Investigación Geoambiental

»Fracturas y fallas geológicas

Las condiciones de esfuerzo-deformación de las rocas pueden cambiar de un metro a otro dada la complejidad de la historia de esfuerzos, la heterogeneidad y la anisotropía de las rocas (las fracturas pueden cambiar totalmente su comportamiento de una capa a otra)

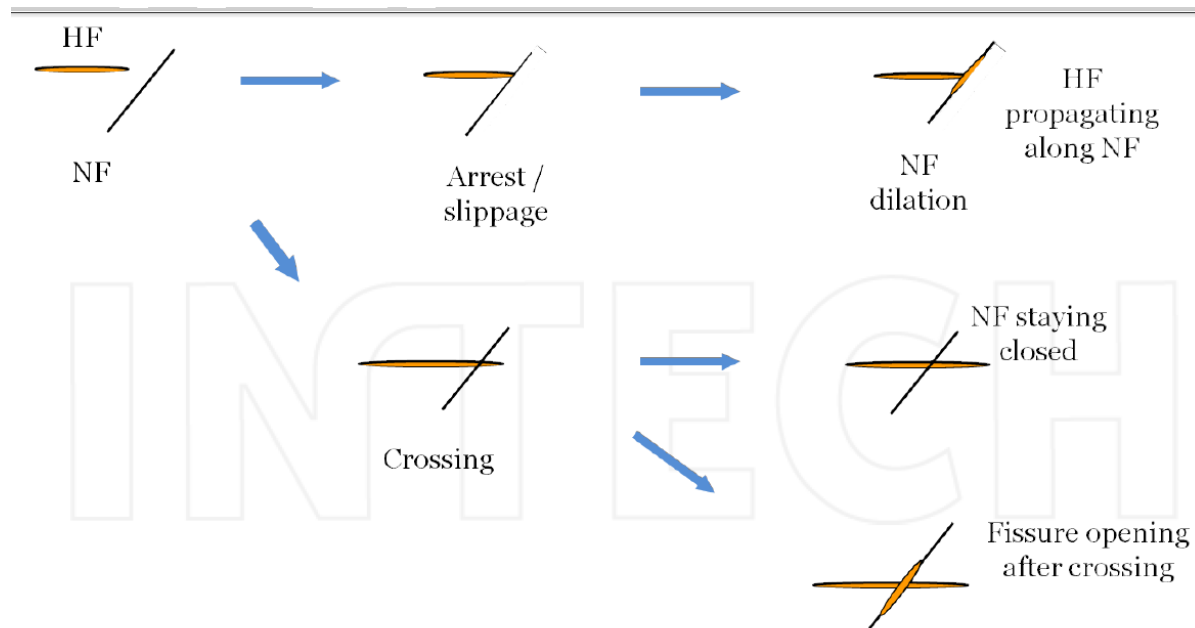


Expertos como A. Ingraffea proponen un **comportamiento no lineal caótico para los fluidos dentro de las fracturas.**

»Fracturas y fallas geológicas

El resultado de la interacción depende de los esfuerzos in situ, la fricción, la cohesión y las propiedades de permeabilidad de las fracturas naturales (NF), así como también de las propiedades reológicas del fluido de inyección y de la velocidad de dicha inyección.

Para predecir la geometría más ajustada de las fracturas generadas por la inyección hidráulica (HFs), se necesita predecir el resultado de cada interacción entre fracturas naturales y fracturas inducidas hidráulicamente (NF-HF)



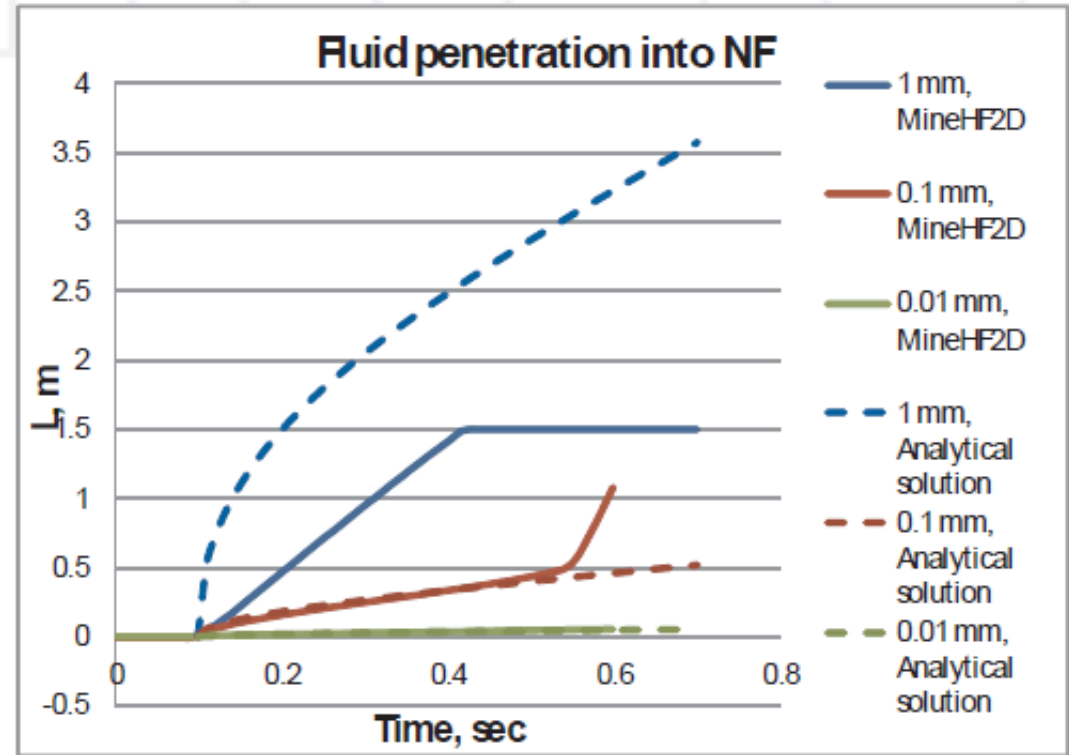
Hydraulic Fracture Propagation Across a Weak Discontinuity Controlled by Fluid Injection

Dimitry Chuprakov, Olga Melchaeva and Romain Prioul (2013)

»Fracturas y fallas geológicas

Longitud de penetración de fluidos en las fracturas naturales (NF)

LA INCERTIDUMBRE ES DE MÁS DE UN ÓRDEN DE MAGNITUD



This research was mainly focused on the result of fracture interaction in terms of crossing or arresting of the HF at the NF as a function of the most sensitive parameters, such as fracture approach angle β , friction coefficient λ , dimensionless toughness κIC , inversely proportional to the injection rate and fluid viscosity, relative stress contrast $\Delta \Sigma$, and the NF permeability k .

In a system of interacting hydraulic and NFs, the number of physical parameters that can affect the result of interaction is large.

Hydraulic Fracture Propagation Across a Weak Discontinuity Controlled by Fluid Injection

Dimitry Chuprakov, Olga Melchaeva and Romain Prioul (2013)

Amenaza sobre acuíferos

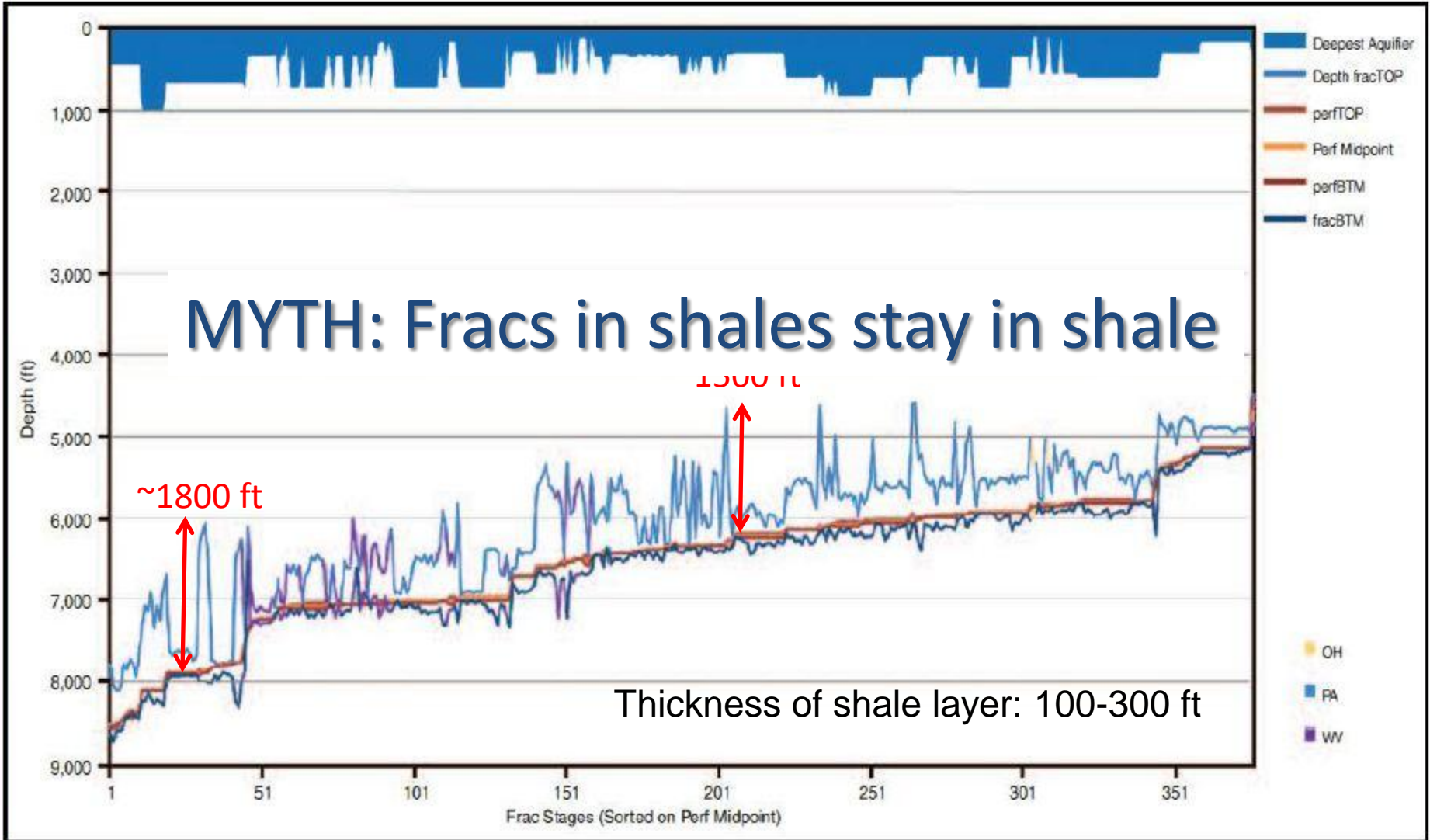
Underground Migration

De acuerdo con las publicaciones y estudios revisados (la migración de gases y químicos en el subsuelo pone en riesgo de contaminación las aguas (...) y puede ocurrir como resultado de la cementación y el “casing” efectuados de manera deficiente así como por la intersección de fracturas inducidas con fracturas naturales, fallas (...))

Las fracturas inducidas pueden crecer con el tiempo e intersectar aguas potables de acuíferos.

Induced fractures can grow over time and intersect with drinking water aquifers.

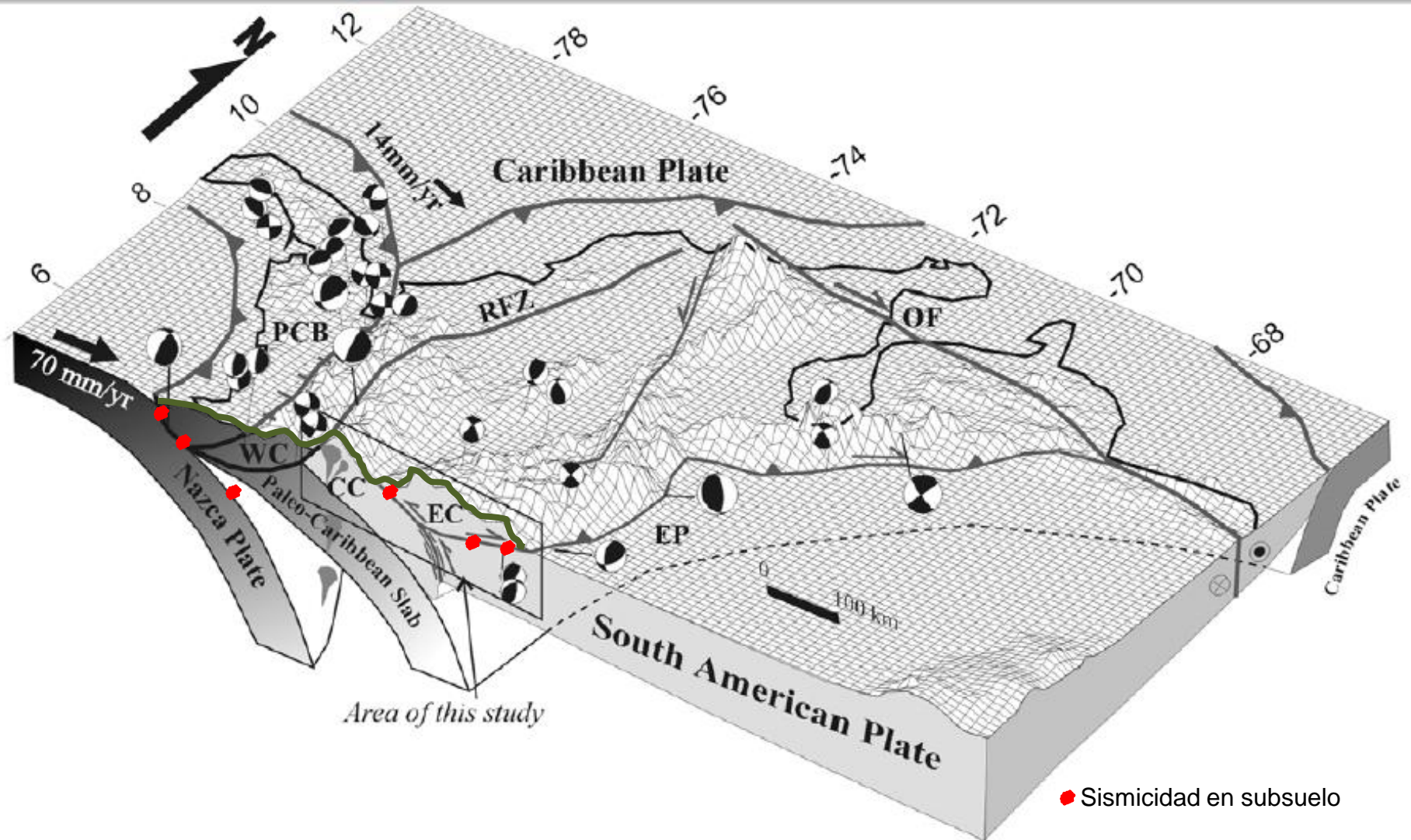
Marcellus Shale Mapped Fracture Treatments (TVD)



American Oil and Gas Reporter July 2010
Kevin Fisher, Pinnacle Resources

» Sismos

Structure and tectonics of the central segment of the Eastern Cordillera of Colombia
Cortés, M., Colletta, B. & J. Angelier. 2006.



»Sismos: Incertidumbres por falta de conocimiento

Fallas transversales que no pueden ser bien explicadas con los modelos tectónicos imperantes

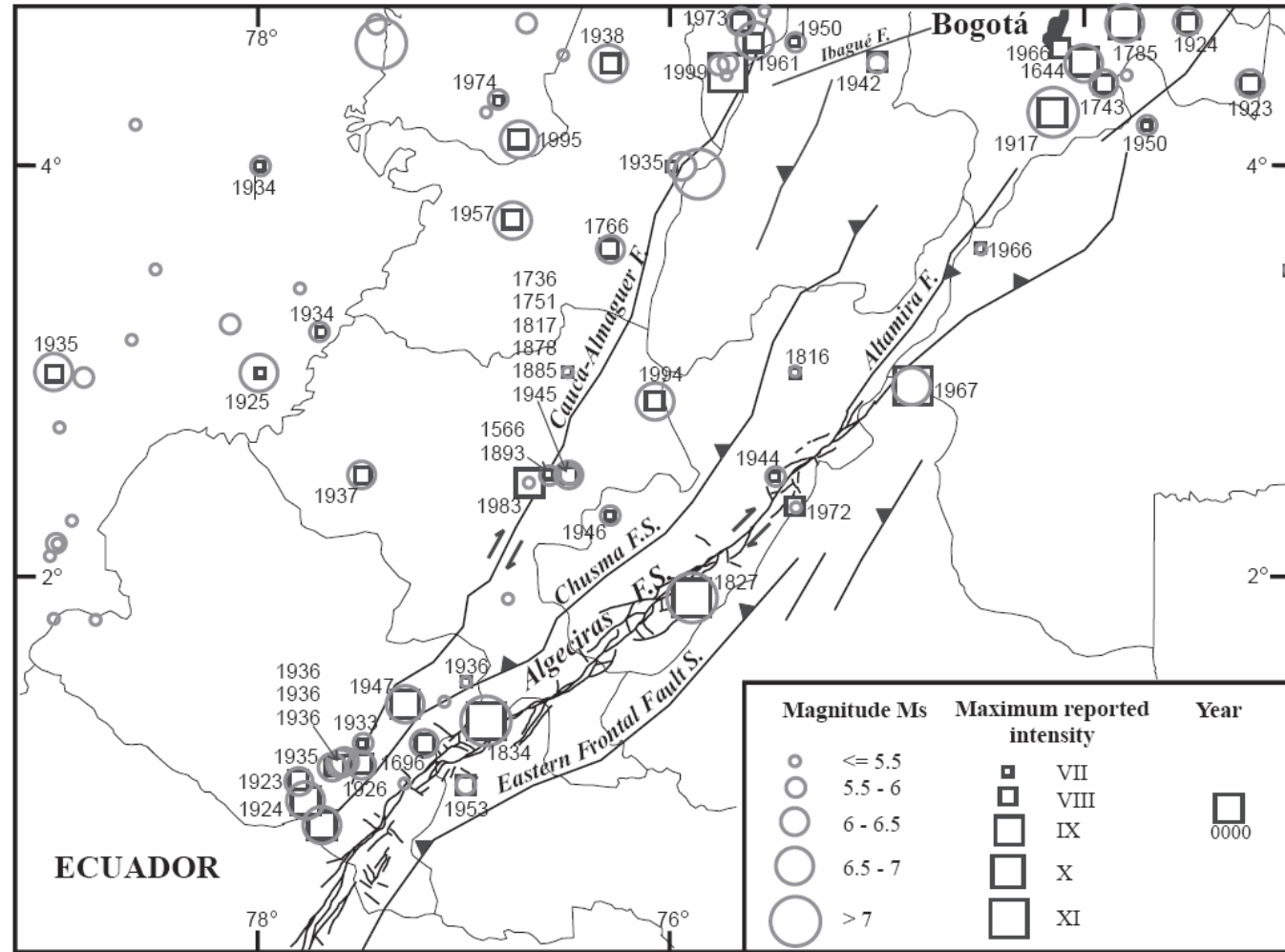


Fig. 7. Historical seismicity in SW Colombia (from Ingeominas, 1999). Major earthquakes (1834, 1827, 1967, 1917) are related to the Algeciras Fault System. Other important faults are also shown (from Ingeominas, 1988).

Sismicidad histórica en Colombia (tomado de Ingeominas, 1999). Los sismos principales (1834, 1827, 1967 y 1917) se relacionan con el Sistema de Fallas de Algeciras. Tomado de Velandia, F., Acosta, J., Terraza, R. & Villegas, H. 2005. The current tectonic motion of the Northern Andes along the Algeciras Fault System in SW Colombia. Tectonophysics Vol 399 (1-4).

» Sismos: Incertidumbres por falta de conocimiento

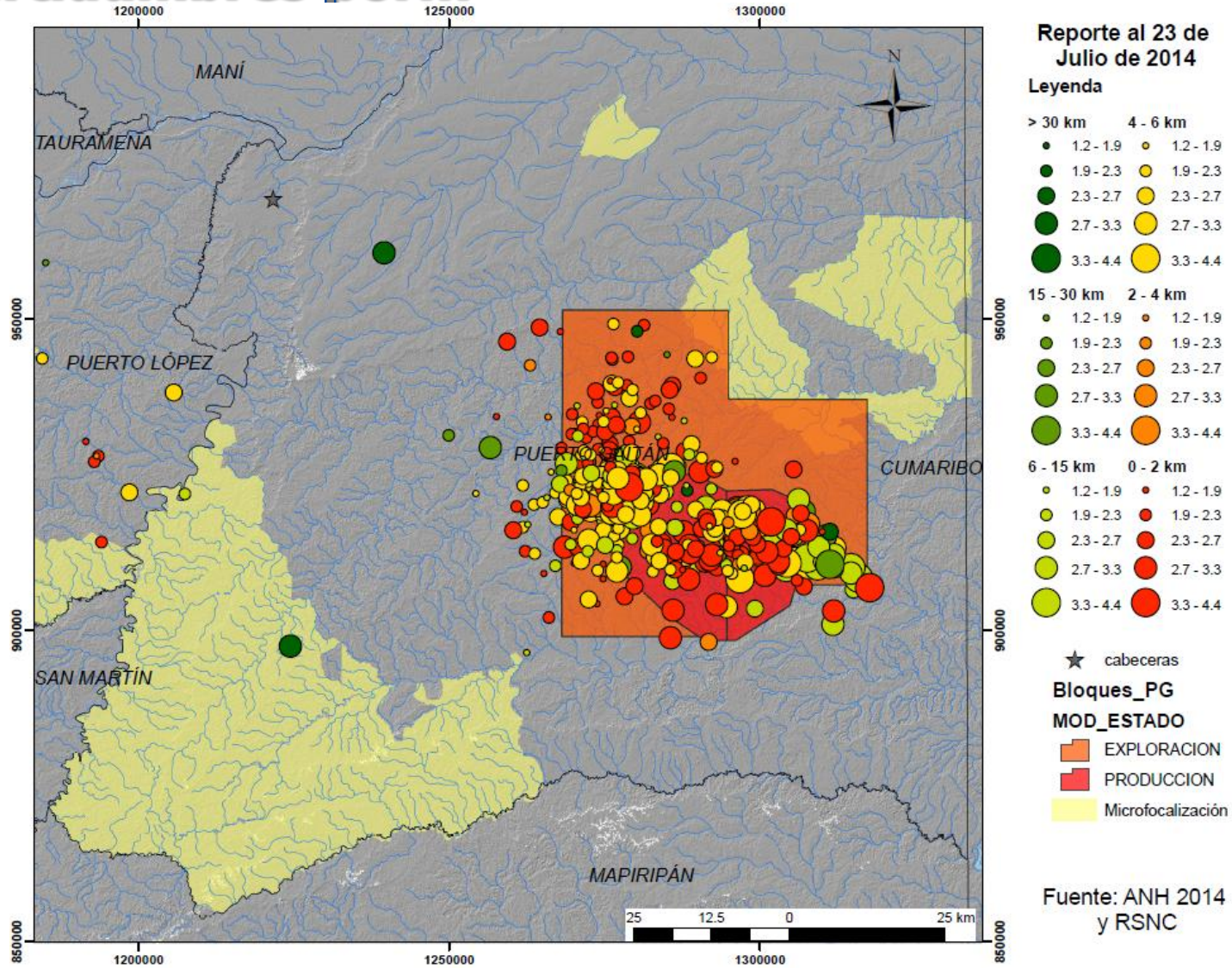
En Norteamérica existe el [Centennial Earthquake Catalog](#) con información desde 1900 y el [Shakemap Atlas](#) desde 1923.

En Colombia, catálogo de sismos desde 1973 y catálogo de fallas activas, incompleto.

En el caso del sismo de Quetame del 24 de mayo de 2008, sucedido a las 2 de la tarde de un sábado, para el final de la tarde la USGS había generado ya la solución teórica de mecanismos focales para la determinación de esfuerzos. Hubo que esperar algunas semanas para tener dicha solución por el Ingeominas.

» Sismos: Incertidumbres por...

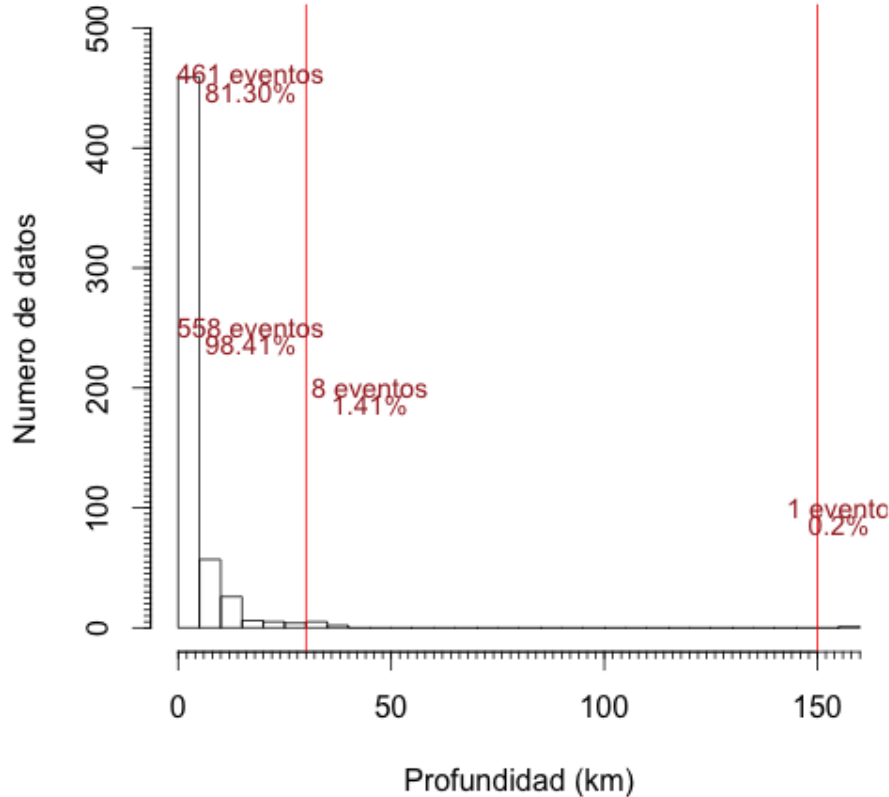
Nuevo “nido sísmico” en Puerto Gaitán: coincidencia espacial con los bloques petroleros de Quifa, Pirirí y Rubiales



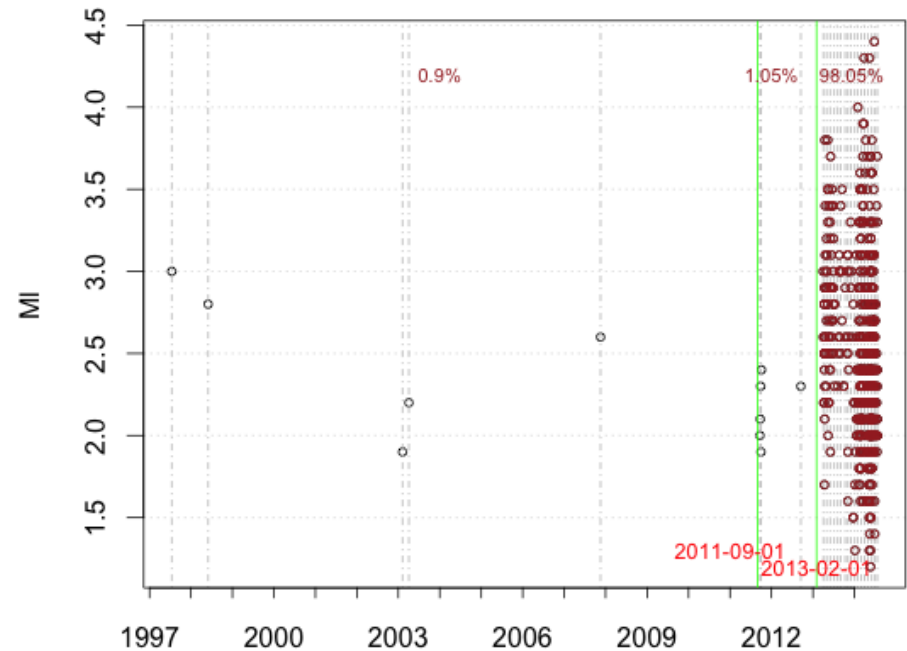
Sismicidad evaluada entre 1993 y julio de 2014. Los polígonos anaranjados corresponden a los bloques petroleros de exploración (Quifa) y los rojos a los bloques petroleros de explotación (Rubiales y Pirirí). Nótese la correspondencia espacial entre los bloques petroleros mencionados y el “nido sísmico”. Los polígonos en amarillo corresponden a áreas para restitución de tierras microfocalizadas (Gráfica generada por Terrae, 2014).

» Sismos: Incertidumbres por...

Histograma de sismos



Cambios magnitud con los años



Sismicidad evaluada entre 1993 y julio de 2014. A la izquierda, casi todos los sismos (98,4% del total) se ubican en profundidades menores de 30 km (someros), y un 81% en profundidades menores de 4 km. En la gráfica de la derecha, es evidente que “algo” pasó hacia inicios de de 2013.

LOS RIESGOS DEL MÉTODO DE FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

Sobre acuíferos

En relación con sismicidad inducida

Sobre aguas superficiales y aire

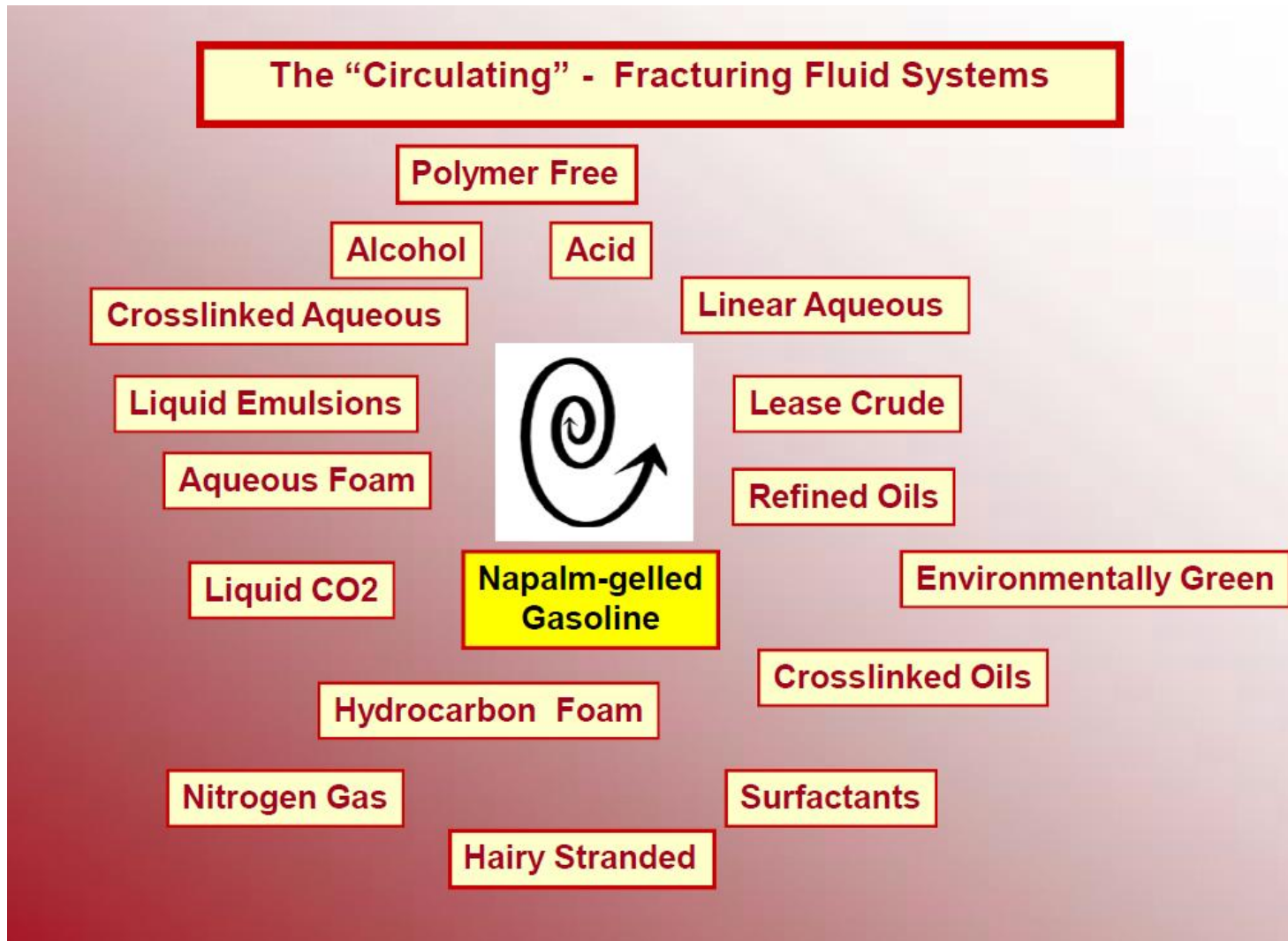
DE LA GAO*

(...) la extracción de gas y petróleo, tanto de yacimientos convencionales como no convencionales, genera riesgos tanto en la salud humana como en el ambiente y que la extensión de dichos riesgos se desconoce, en parte a causa que los estudios revisados generalmente no toman en cuenta los efectos potenciales y acumulativos en el largo plazo. (...)

El desarrollo de petróleo y gas, que incluye su extracción de formaciones de lutitas, involucra riesgos a la calidad del aire, la cantidad y calidad de agua, a los suelos y a la vida silvestre

La cantidad de agua que se utiliza en un pozo para el fracturamiento hidráulico varía con la geología del yacimiento pero en los yacimientos no convencionales en Norte América, típicamente esta alrededor de los 5 a 12 millones de galones por pozo (19 a 46 millones de litros por pozo).

GAO(2012). OIL AND GAS. Information on Shale Resources, Development, and Environmental and Public Health Risks.



A Historical Perspective of Hydraulic fracturing

Veatch, R. (2008)

Marcellus Flowback Range of Water Quality

<u>Parameter</u>	<u>Concentration Range</u>
Total dissolved solids:	10,000 – >300,000 mg/L
Chloride:	5,000 – >150,000 mg/L
Sodium:	2,500 – >75,000
VOCs (primarily BTEX):	ND – 2 mg/L
Radium 226:	100 pCi/L – 16,000 pCi/L
Barium:	2,000 – 5,000 mg/L
Strontium:	1,000 – 7,000 mg/L

Selected Metals in 5-Day Flowback Water Compared to Muni Sludges

Metals *	5 – Day Flowback		Muni Sludges**	
	Range	Median	Median	95 th %ile
Chromium (Cr ³⁺)	ND – 0.15	0.015	35	314
Copper	ND – 4.15	ND	511	1,382
Nickel	ND – 0.187	ND	22.6	84.5
Zinc	0.068 – 2.93	0.16	705	1,985
Lead	ND – 0.606	ND	65	202
Cadmium	ND – 0.009	ND	2.3	7.4
Mercury	ND - 0.00024	ND	1.5	6.0
Arsenic	ND – 0.124	0.029	3.6	18.7

* mg/l

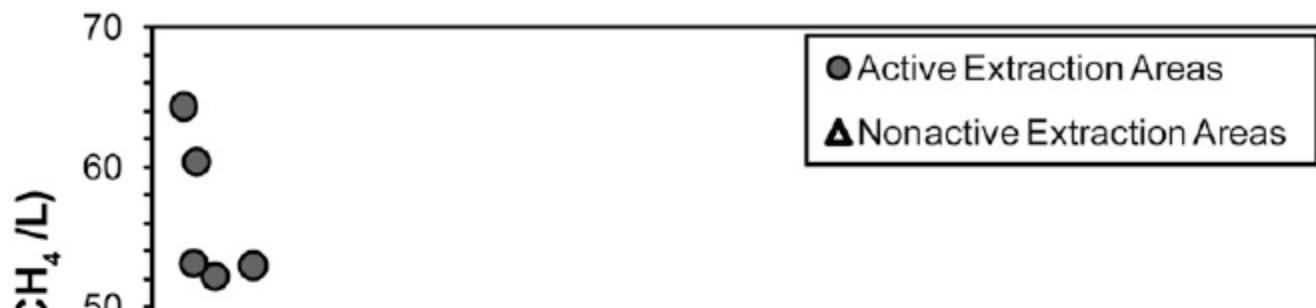
ND = Non Detect

** Penn State, 2000 (Survey of POTW's)



Characterization of Marcellus and Barnett Shale Flowback Waters and Technology Development for Water Reuse. Tom Huyes, GTI
Hydraulic Fracturing Technical Workshop #4 - USEPA Meeting Facilities (2011)

New Scientific Data on Methane Contamination of Water Wells



Amenaza sobre acuíferos

DEL INFORME DE LA GAO

La extracción extensiva de aguas para dichas operaciones puede abatir los niveles freáticos.

¿Puede el consumo de agua superficial para el desarrollo de campos de HC de yacimientos no convencionales resultar en una pérdida significativa de aguas a largo plazo, afectando el ciclo hidrológico?

Cita estudios de la Universidad de Duke que establecen que aunque existe metano en las aguas de la región, las concentraciones son sustancialmente más altas en cercanías a los pozos de gas de lutitas.

Se pone en riesgo la calidad del agua subterránea por la eventual inyección de lodos de fracturamiento o escapes de metano hacia acuíferos adyacentes a las lutitas.

GAO(2012). OIL AND GAS. Information on Shale Resources, Development, and Environmental and Public Health Risks.

Amenaza sobre acuíferos y las fallas en la integridad de los pozos (cementación)

Investigadores de la GAO, Ingraffea y otros han planteado que la cementación es una práctica que si bien reduce el riesgo de contaminación de aguas subterráneas, no la elimina. Con base en datos de Bruffato et al. (2003), Ingraffea establece que cerca del 5% de los pozos de petróleo en los Estados Unidos presenta fallas en su cementación el primer año.

Anthony Ingraffea es profesor e investigador del Colegio de Ingeniería de la Universidad de Cornell. Es director del Grupo de Fracturas de Cornell y coeditor y editor en jefe de la publicación Engineering Fracture Mechanics. Los datos son tomados de la conferencia “Lethal gas/oil Wells: Anthony Ingraffea at TEDxAlbany 2013”

Bruffato, C., Cochran, J., Conn, L., Power, D., El-Zeghaty, S., Fraboulet, B., Griffin, T., James, S., Munk, T., Justus, F., Levine, J., Montgomery, C., Murphy, D., Pfeiffer, J., Tiraputra, P., Rishmani, L. (2003). From mud to cement – Building gas wells. En Oilfield Review.

24" conductor casing (brown) is installed up to 50 feet deep and cemented (grey) to the surface.

20" casing is installed through the 24" casing and continuing up to 500 feet deep. This casing is cemented to surface to isolate and protect near-surface groundwater.

13 3/8" casing is installed through the 20" casing and continuing up to 1000 feet deep. This casing is also cemented to the surface to protect the groundwater aquifer from the gas well.

Fresh groundwater zone up to 1000 feet deep

*New well construction regulations!
with deeper casing designed!!
to seal off shallow methane!
to prevent migration into groundwater.!*

5 1/2" casing continues down and is turned laterally into the Marcellus formation at a depth of 5000 to 9000+ feet below the surface.



Horizontal, "lateral" portion of well extends from 3,000 to over 10,000 feet within Marcellus formation.

Marcellus Center for Outreach and Research, Penn State - www.marcellus.psu.edu

* Goldwyn (2012). Golden Rules for a Golden Age of Gas.

Amenaza sobre acuíferos y las fallas en la integridad de los pozos (cementación)

Table 4: Shale Formation and Treatable Water Depth

Distance in feet				
Shale play	Depth to shale	Depth to base of treatable water	Distance between shale and base of treatable water	
Barnett	6,500- 8,500	1,200	5,300- 7,300	
Fayetteville	1,000- 7,000	500	500- 6,500	
Haynesville	10,500- 13,500	400	10,100- 13,100	
Marcellus	4,000- 8,500	850	2,125- 7,650	
Woodford	6,000- 11,000	400	5,600- 10,600	

Source: GAO analysis of data presented in a report prepared at the request of the DOE.

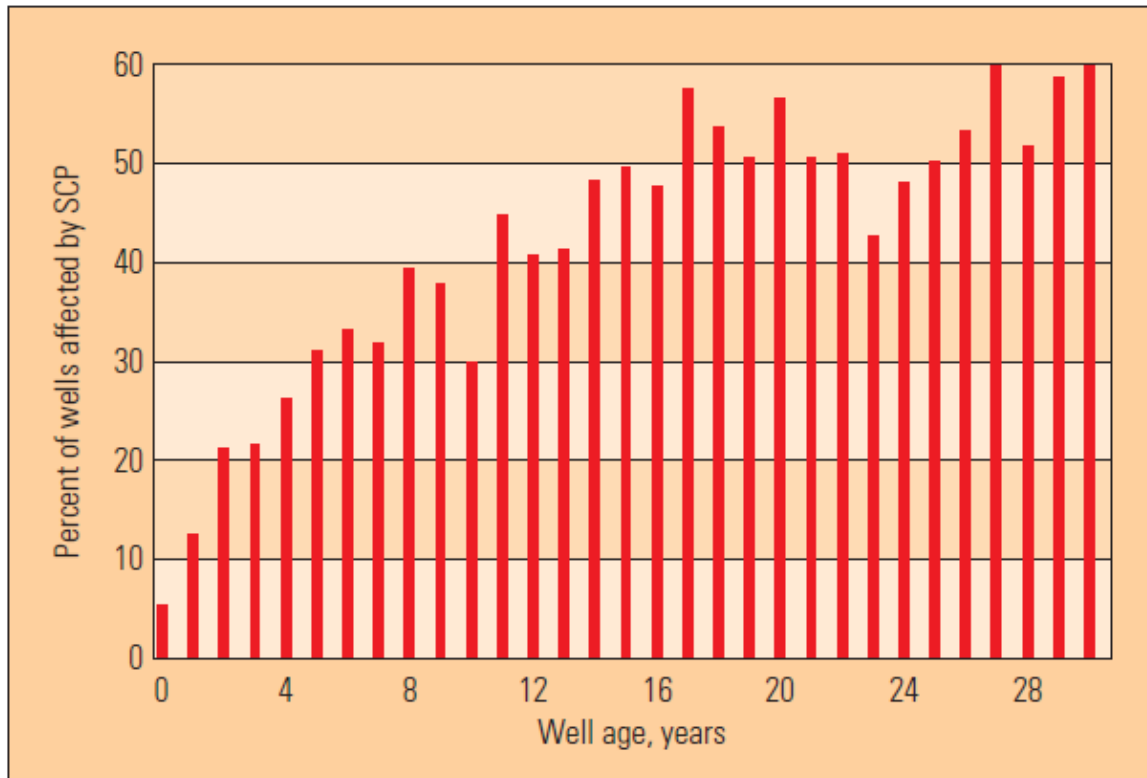
Note: Depths to base of treatable water are approximate. According to the report, the depth to base of treatable water was based on data from state oil and gas agencies and state geological survey data.

OIL AND GAS. Information on Shale Resources, Development, and Environmental and Public Health Risks. GAO(2012)

En Estados Unidos la profundidad máxima de aguas subterráneas tratables es de 1.200 pies (400 metros). Tenjo se surte de aguas ubicadas a 1500 metros de profundidad. En la Orinoquia existen datos de aguas de muy baja salinidad a 2000 metros de profundidad.

NO ES LO MISMO, Y ¿A QUÉ PROFUNDIDAD IREMOS A BUSCAR EL AGUA DENTRO DE 50 AÑOS?

Amenaza sobre acuíferos y las fallas en la integridad de los pozos (cementación)



Cementación de pozos para evitar fugas de metano o de fluidos naturales o inyectados potencialmente contaminantes.

Pero... en pozos mar adentro, el 5% de la cementación de pozos falla el primer año y después de 15 años la mitad han fallado.

^ Wells with SCP by age. Statistics from the United States Mineral Management Service (MMS) show the percentage of wells with SCP for wells in the outer continental shelf (OCS) area of the Gulf of Mexico, grouped by age of the wells. These data do not include wells in state waters or land locations.

Gráfica de Bruffato et al. (2003).

Amenaza sobre acuíferos y las fallas en la integridad de los pozos (cementación)



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Marine and Petroleum Geology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/marpetgeo



Review article

Oil and gas wells and their integrity: Implications for shale and unconventional resource exploitation

Richard J. Davies^{a,*}, Sam Almond^a, Robert S. Ward^b, Robert B. Jackson^{c,d},
Charlotte Adams^a, Fred Worrall^a, Liam G. Herringshaw^a, Jon G. Gluyas^a,
Mark A. Whitehead^e

^aDurham Energy Institute, Department of Earth Sciences, Durham University, Science Labs, Durham DH1 3LE, UK

^bGroundwater Science Directorate, British Geological Survey, Keyworth, Nottingham NG12 5GG, UK

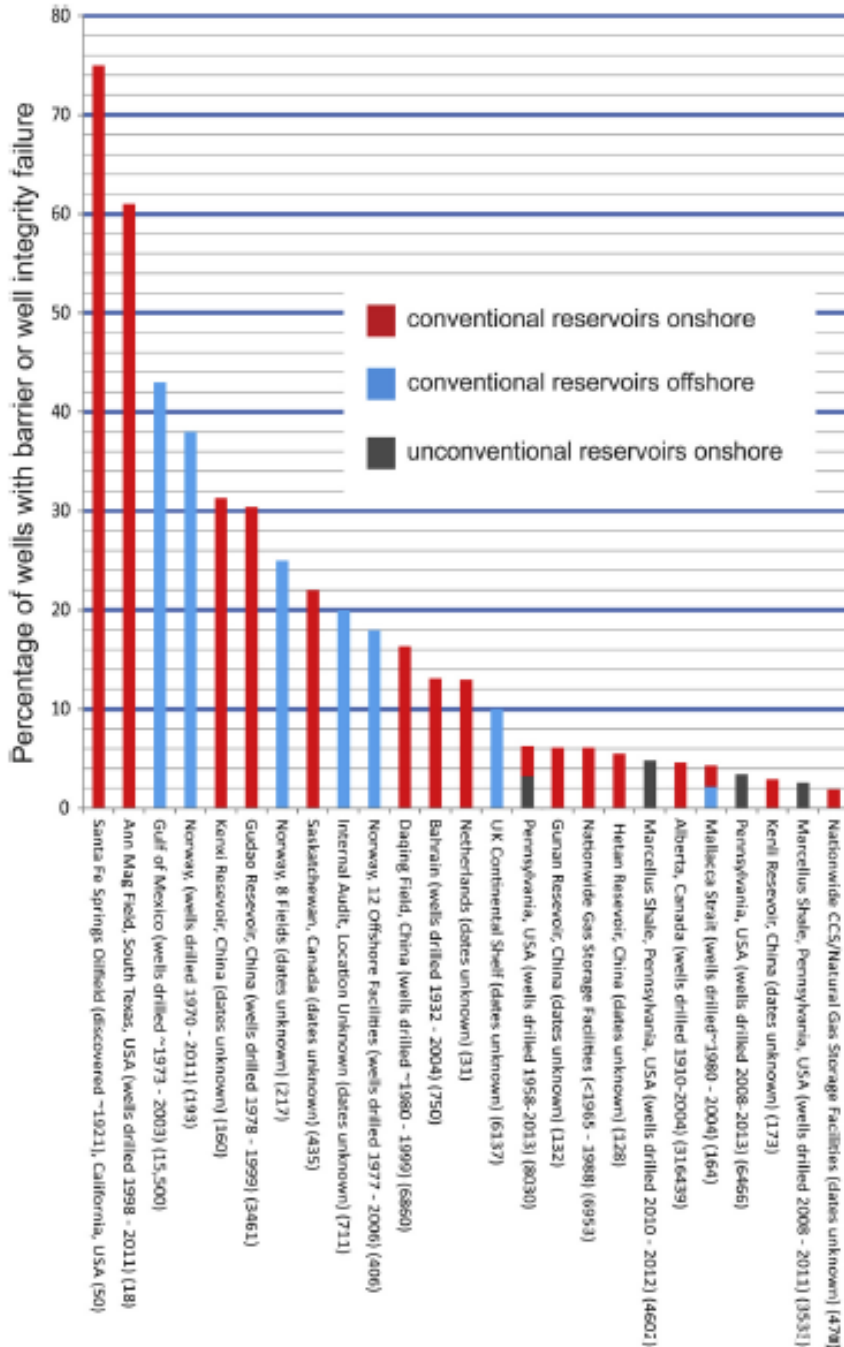
^cSchool of Earth Sciences, Woods Institute for the Environment, and Precourt Institute for Energy, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA

^dNicholas School of the Environment, Division of Earth and Ocean Sciences, Duke University, Box 90338, 124 Science Drive, Durham, NC 27708-0338, USA

^eWard Hadaway, Sandgate House, 102 Quayside, Newcastle Upon Tyne NE13DX, UK

Datos de Australia, Austria, Bahrain, Brasil, Canadá, Holanda, Polonia, el Reino Unido y los Estados Unidos muestran que (...) el porcentaje de pozos con fallas en su integridad es muy variable (1,9 a 75%). De 8300 pozos revisados en el Marcellus Shale en Pensilvania entre 2005 y 2013, el 6,3% fueron reportados como defectuosos.

Davies et al. (2014). Oil and gas wells and their integrity: Implications for shale and unconventional resource exploitation.



Los no convencionales en Pensilvania presentan fallas entre el 3 y el 7%, pero este porcentaje es altísimo si se evalúa en función de la antigüedad de los pozos: 2008 a 2013

¿QUIÉN ACEPTA UN MÁRGEN DE FALLA DEL 5% PARA POTENCIAL AFECTACIÓN DE AGUA?

Davies et al. (2014). Oil and gas wells and their integrity: Implications for shale and unconventional resource exploitation.

» Sismos: ¿de cuánto es una probabilidad muy baja?

There are only two documented cases of a hydro-frac treatment causing stronger events up to magnitude 1.9 and 2.8 MD, respectively (from massive hydro-frac treatments in South-Central Oklahoma; Luza and Lawson, 1990; Holland, 2011).

(...) Two events were reported by BGS (with magnitude 2.3 and 1.5) and 48 much weaker events have been detected, and it is therefore hard to dismiss them as an isolated incident.

Since the chance for any single factor to occur is small, the combined probability of a repeat occurrence of such a large magnitude fracture induced seismic event **is quite low.**

A Historical Perspective of Hydraulic fracturing

Veatch, R. (2008)

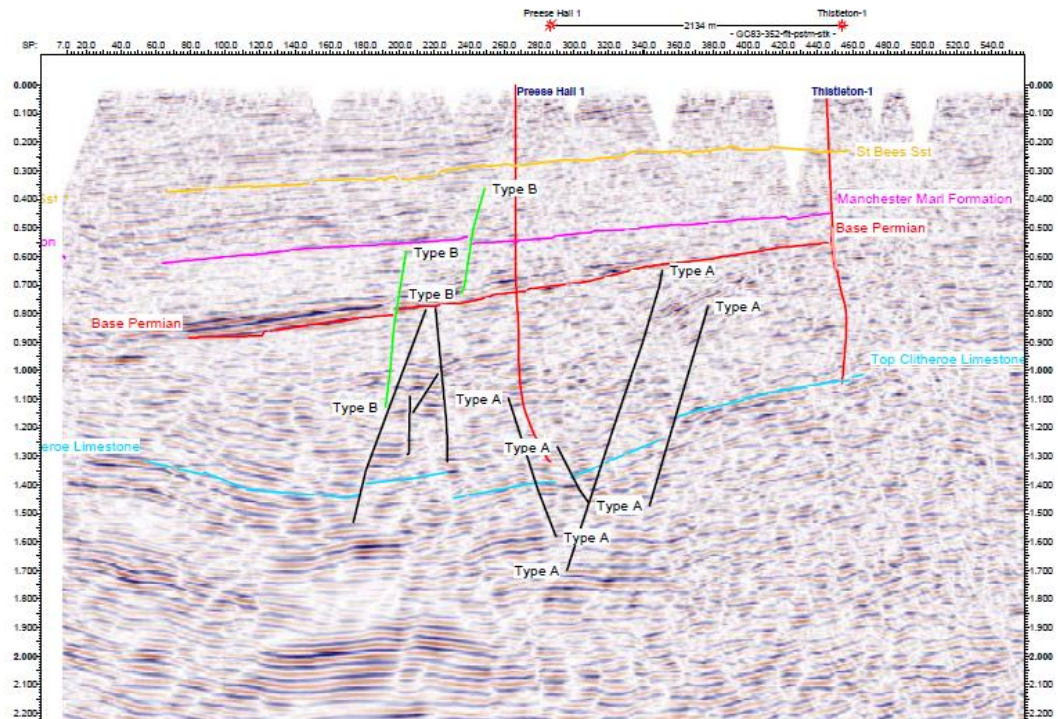


Figure 8: Reprocessed seismic section showing the two fault types, A and B in the proximity of Preese Hall-1 and Thistleton-1. The seismicity was caused by a type A fault that is contained in the Carboniferous.

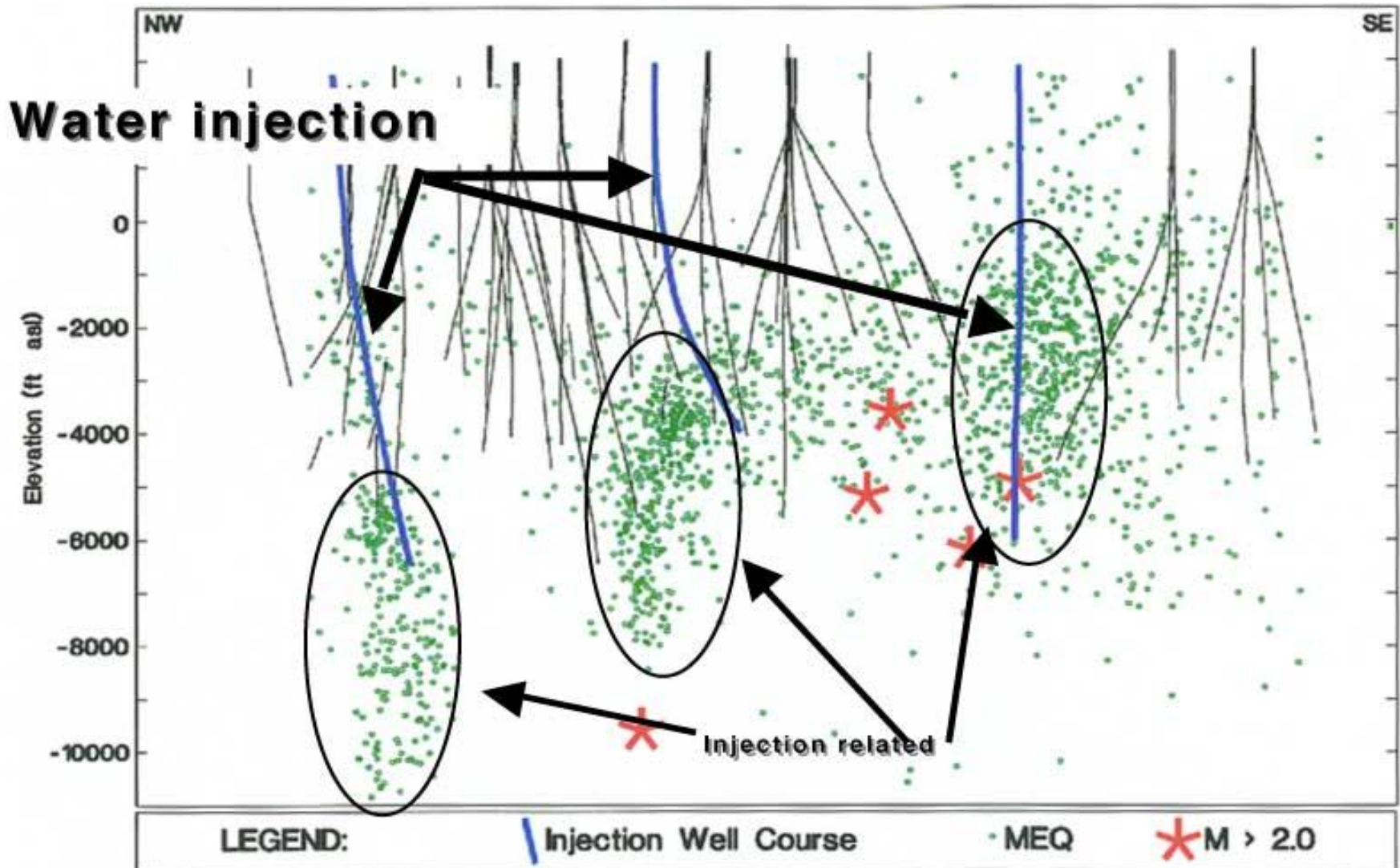
Las estructuras que se relacionaron con la sismicidad son fallas normales.

Induced Seismicity

(...) the hydraulic fracturing process releases energy deep beneath the surface to break rock but the energy released is not large enough to trigger a seismic event that could be felt on the surface.

However, **a process commonly used by operators to dispose of waste fluids—underground injection—has been associated with earthquakes** in some locations. For example, a 2011 Oklahoma Geological Survey study reported that underground injection can induce seismicity. In March 2012, the Ohio Department of Natural Resources reported that “there is a compelling argument” that the injection of produced water into underground injection wells was the cause of the 2011 earthquakes near Youngstown, Ohio. In addition, the National Academy of Sciences released a study in June 2012 that concluded that underground injection of wastes poses some risk for induced seismicity (...)

Fluid injection can increase seismic activity



Cases of Induced Seismicity in US

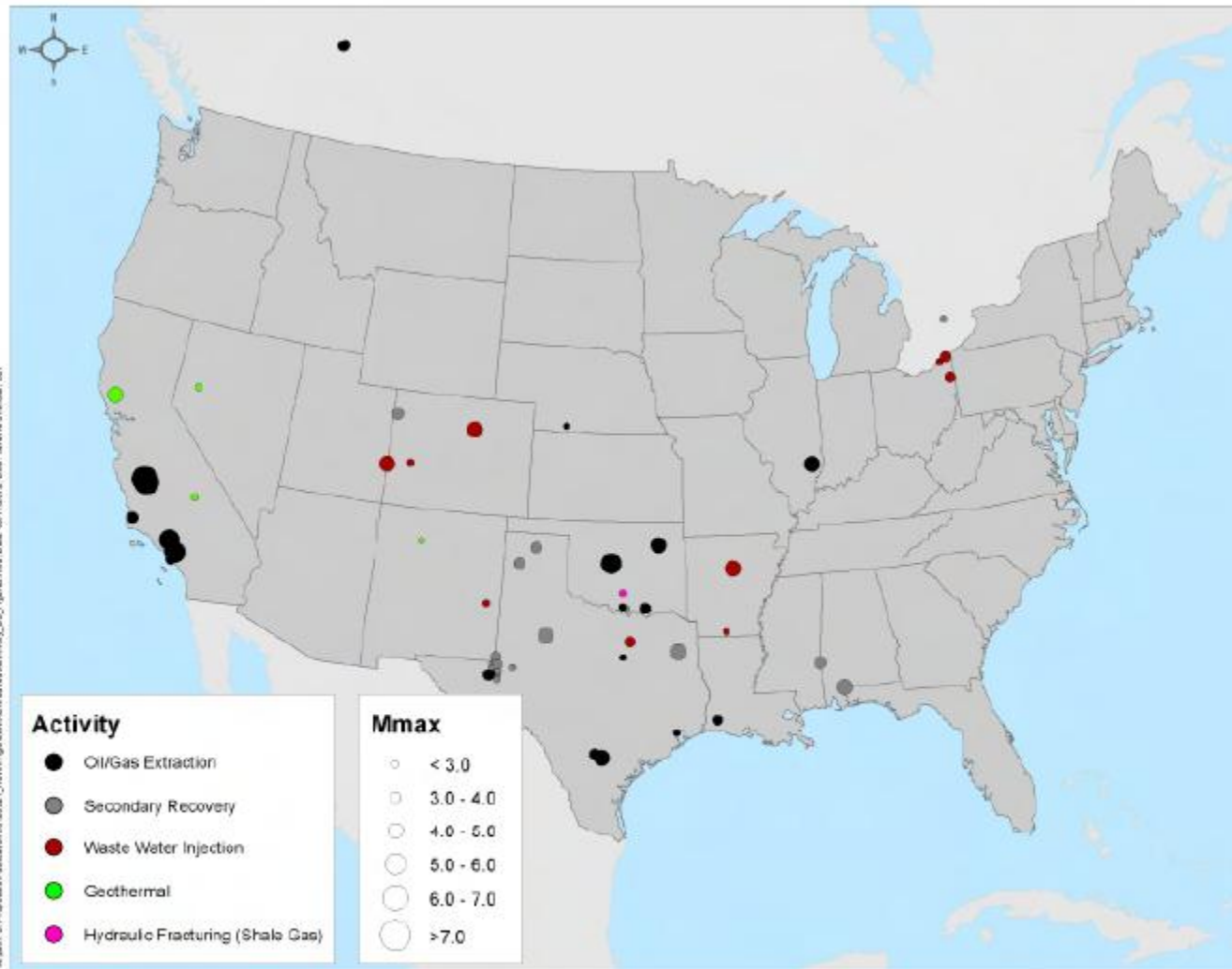


Figure S.1 Sites in the United States and Canada with documented reports of seismicity caused by or likely related to energy development from various energy technologies. The reporting of the occurrence of small induced seismic events is limited by the detection and location thresholds of local surface-based seismic monitoring networks.

Source: Induced Seismicity Potential in Energy Technologies, National Academy of Sciences, 2012

Estados Unidos tienen una base de conocimiento que no poseemos en Colombia: LÍNEA BASE GEOAMBIENTAL

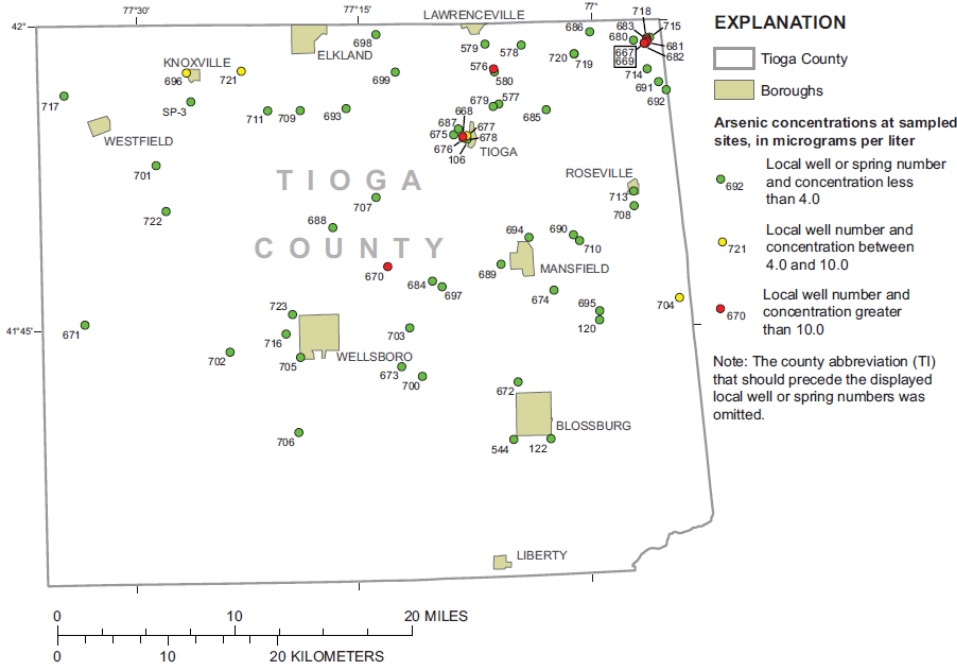


Figure 5. The location of sampled sites and ranges of total-arsenic concentrations in Tioga County.

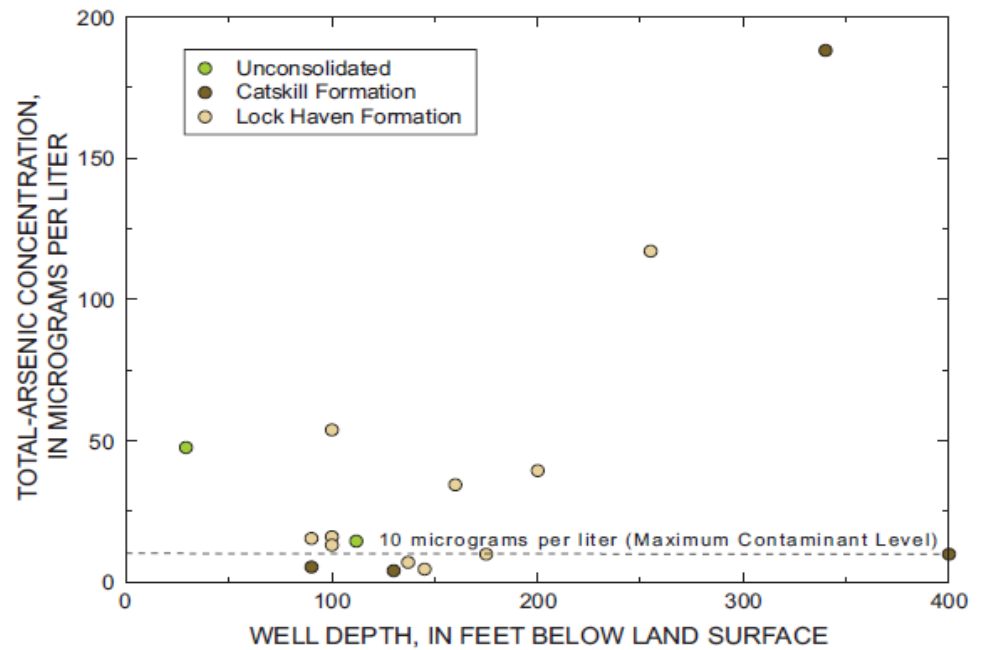
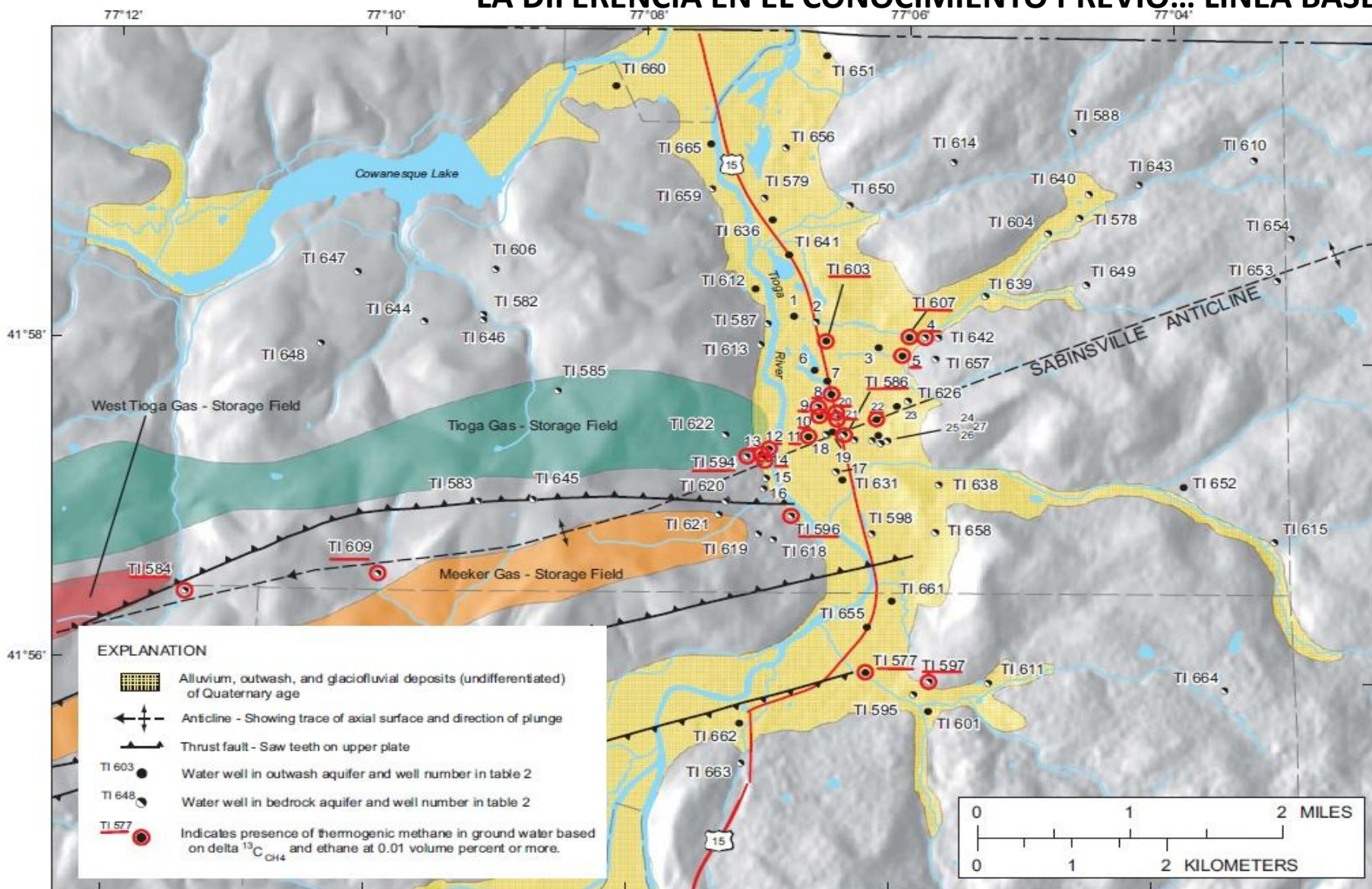


Figure 6. Distribution of total-arsenic concentration and well depth by geologic units, northern-tier counties of Pennsylvania.

Concentrations of arsenic in groundwater in northern Pennsylvania

Distribution of Thermogenic Methane

LA DIFERENCIA EN EL CONOCIMIENTO PREVIO... LÍNEA BASE



Surficial deposits from Commonwealth of Pennsylvania, 1989
 Streams from U.S. Geological Survey, 2000
 Township boundary and U.S. Routes from Commonwealth of Pennsylvania, 2006
 Shaded relief prepared from U.S. Geological Survey National Elevation Dataset, 2004

U.S.G.S. SIR 2007-5085

Base from U.S. Department of Commerce digital data, 1993,
 1:100,000 Albers Equal-Area Conic projection: Standard Parallels 29°30' N and 45°30' N,
 Central Meridian 77°45' W, Latitude of Origin 23°00' N

Panorama Colombiano: Línea base geoambiental incompleta

Desde su fundación, el SGC ha levantado la cartografía geológica a diversas escalas, con un cubrimiento actual del 52 % del país, aproximadamente. Sin embargo, no toda esa área cumple con los estándares de esta escala de trabajo (esc. 1:100.000) y tiene vacíos de información geológica que obligan a hacer planes de revisión y complementación; también se requiere mejorar la información de las áreas estratégicas del Estado.

...Sin embargo, la cartografía geológica básica no ha contado en las últimas dos décadas con grupos de apoyo bien establecidos en geología estructural, estratigrafía, paleontología y petrografía de rocas ígneas y metamórficas.

...La tectónica, la neotectónica y la tectónica activa han sido tradicionalmente disciplinas poco cultivadas en el país. La cartografía se ha limitado a definir planos de ruptura y límites de unidades pero en la gran mayoría de los casos se desconoce la evolución de las fallas con todas las implicaciones que el tema trae.

SGC (2013). PLAN ESTRATÉGICO DEL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO DEL TERRITORIO COLOMBIANO 2013 - 2023

Panorama Colombiano: Línea base pobre

Conocimiento de acuíferos en Colombia

¿Existen estudios hidrogeológicos en las zonas prospectivas para fracturamiento hidráulico de no convencionales?

En 1977, Ingeominas publicó el primer Mapa hidrogeológico a nivel nacional a escala 1:3.000.000 (...)

En 1989, Ingeominas elaboró el Mapa Hidrogeológico de Colombia a escala 1: 2.500.000, y siete años después inicio la elaboración del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (escala 1:500.000), el cual tiene un cubrimiento aproximado del 30 % del territorio nacional.

SGC (2013)

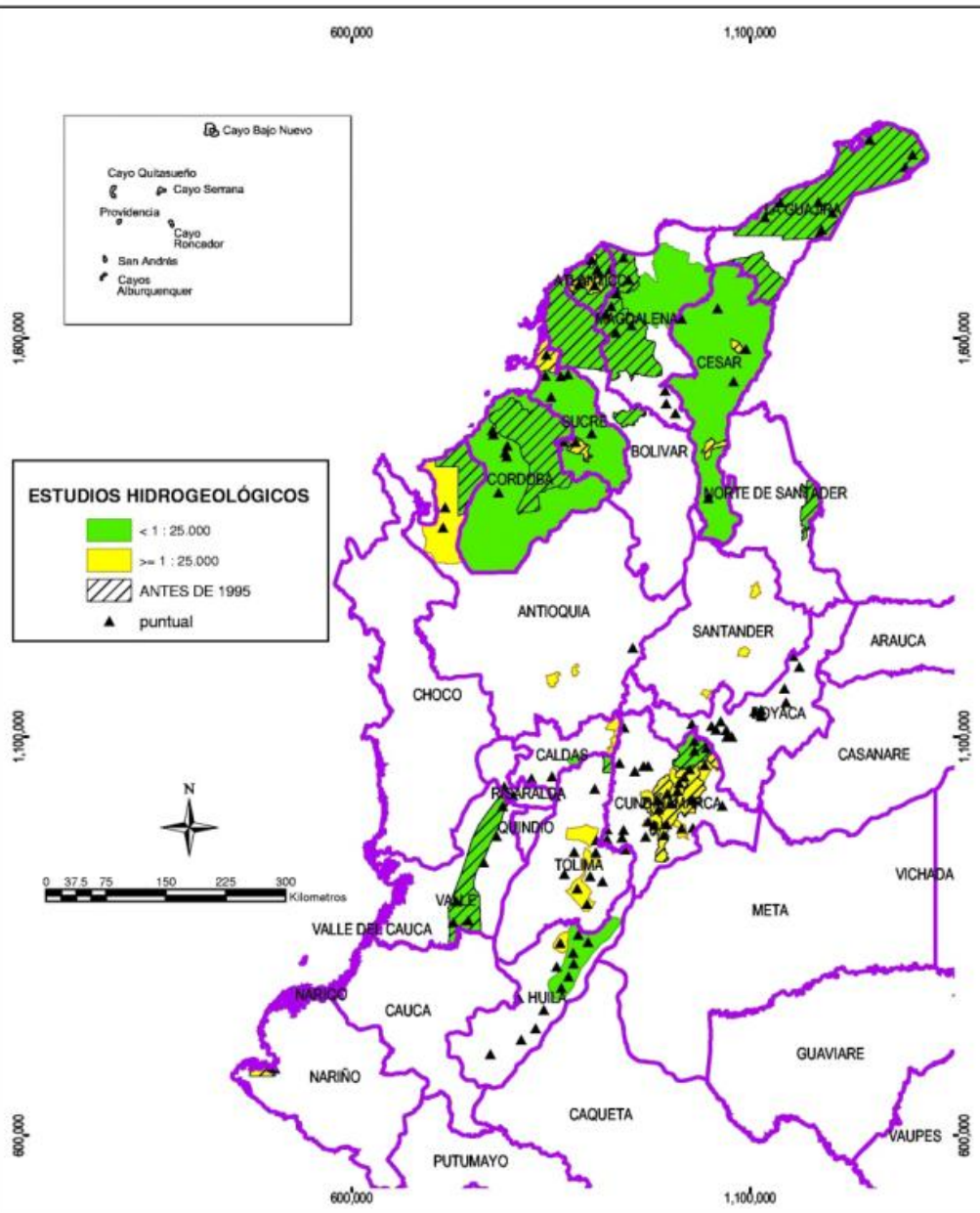


Table IV-1: Northern South America Shale Gas Reservoir Properties and Resources.

Basic Data	Basin/Gross Area	Middle Magdalena Valley (13,000 mi ²)		Llanos (84,000 mi ²)	Maracaibo/Catatumbo (23,000 mi ²)			
	Shale Formation	La Luna/Tablazo		Gacheta	La Luna/Capacho			
	Geologic Age	U. Cretaceous		U. Cretaceous	U. Cretaceous			
	Depositional Environment	Marine		Marine	Marine			
Physical Extent	Prospective Area (mi ²)	2,390	200	1,820	7,280	4,290	5,840	
	Thickness (ft)	Organically Rich	1,000	1,000	600	1,000	1,000	1,000
		Net	300	300	210	500	500	500
	Depth (ft)	Interval	3,300 - 16,400	3,300 - 10,000	13,000 - 16,400	5,000 - 15,000	5,500 - 15,000	6,000 - 15,000
Average		10,000	8,000	14,500	10,000	11,000	12,000	
Reservoir Properties	Reservoir Pressure	Highly Overpress.	Highly Overpress.	Mod. Overpress.	Normal	Normal	Normal	
	Average TOC (wt. %)	5.0%	5.0%	2.0%	5.0%	5.0%	5.0%	
	Thermal Maturity (% Ro)	0.85%	1.15%	0.85%	0.85%	1.15%	1.60%	
	Clay Content	Low	Low	Low	Low	Low	Low	
Resource	Gas Phase	Assoc. Gas	Wet Gas	Assoc. Gas	Assoc. Gas	Wet Gas	Dry Gas	
	GIP Concentration (Bcf/mi ²)	88.0	150.3	40.4	71.8	176.1	255.7	
	Risked GIP (Tcf)	117.8	16.8	18.2	183.0	264.4	522.6	
	Risked Recoverable (Tcf)	14.1	4.2	1.8	18.3	52.9	130.7	

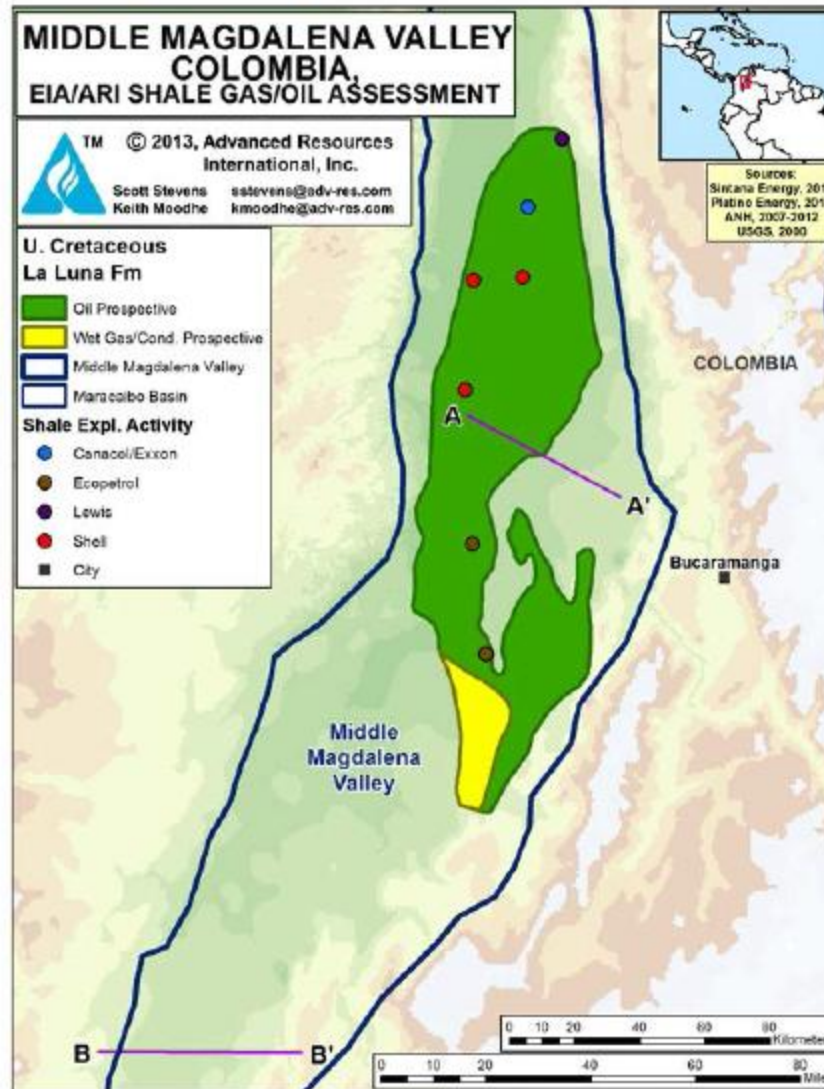
Table IV-2: Northern South America Shale Oil Reservoir Properties and Resources.

Basic Data	Basin/Gross Area	Middle Magdalena Valley (13,000 mi ²)		Llanos (84,000 mi ²)	Maracaibo/Catatumbo (23,000 mi ²)		
	Shale Formation	La Luna/Tablazo		Gacheta	La Luna/Capacho		
	Geologic Age	U. Cretaceous		U. Cretaceous	U. Cretaceous		
	Depositional Environment	Marine		Marine	Marine		
Physical Extent	Prospective Area (mi ²)	2,390	200	1,820	7,280	4,290	
	Thickness (ft)	Organically Rich	1,000	1,000	600	1,000	1,000
		Net	300	300	210	500	500
	Depth (ft)	Interval	3,300 - 16,400	3,300 - 10,000	13,000 - 16,400	5,000 - 15,000	5,500 - 15,000
Average		10,000	8,000	14,500	10,000	11,000	

Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States.

U.S. Energy Information Administration (2013)

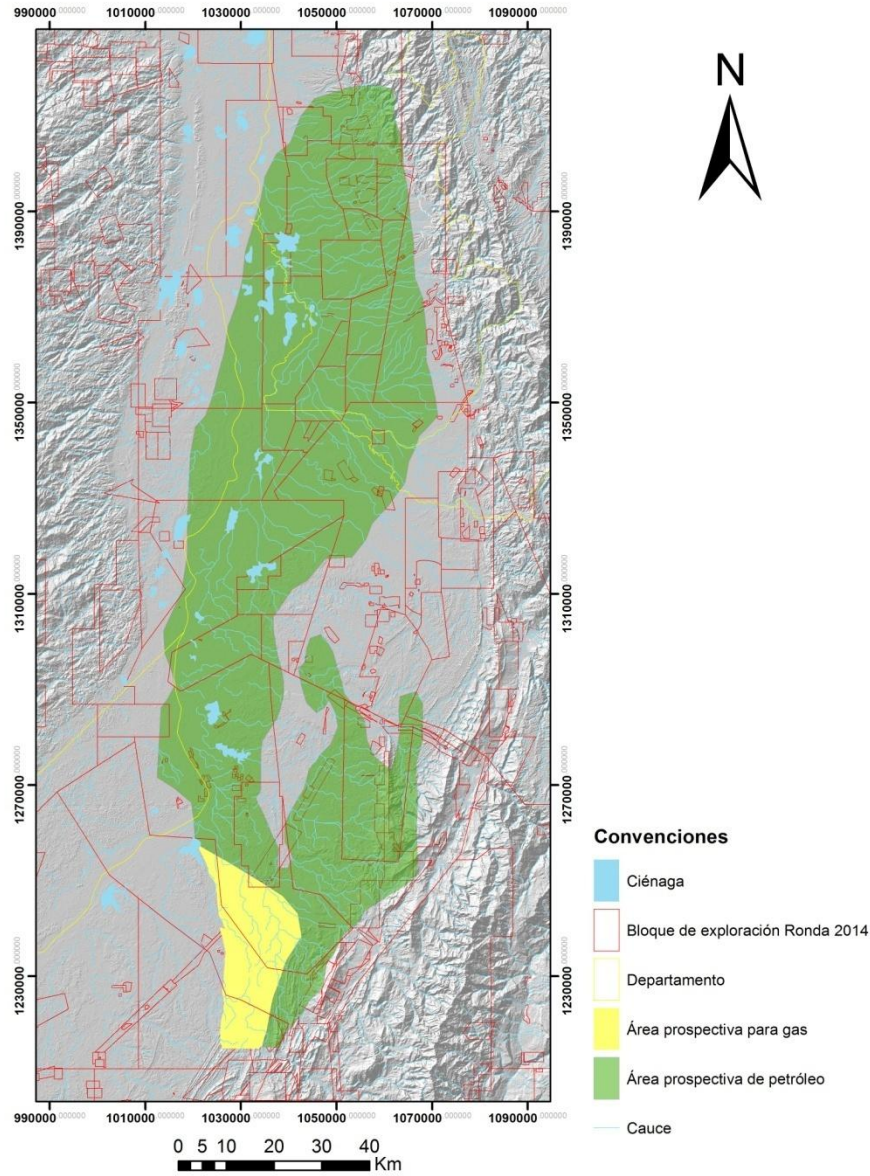
Figure IV-3: Middle Magdalena Valley Basin, Shale-Prospective Areas and Shale Exploration



Source: ARI 2013

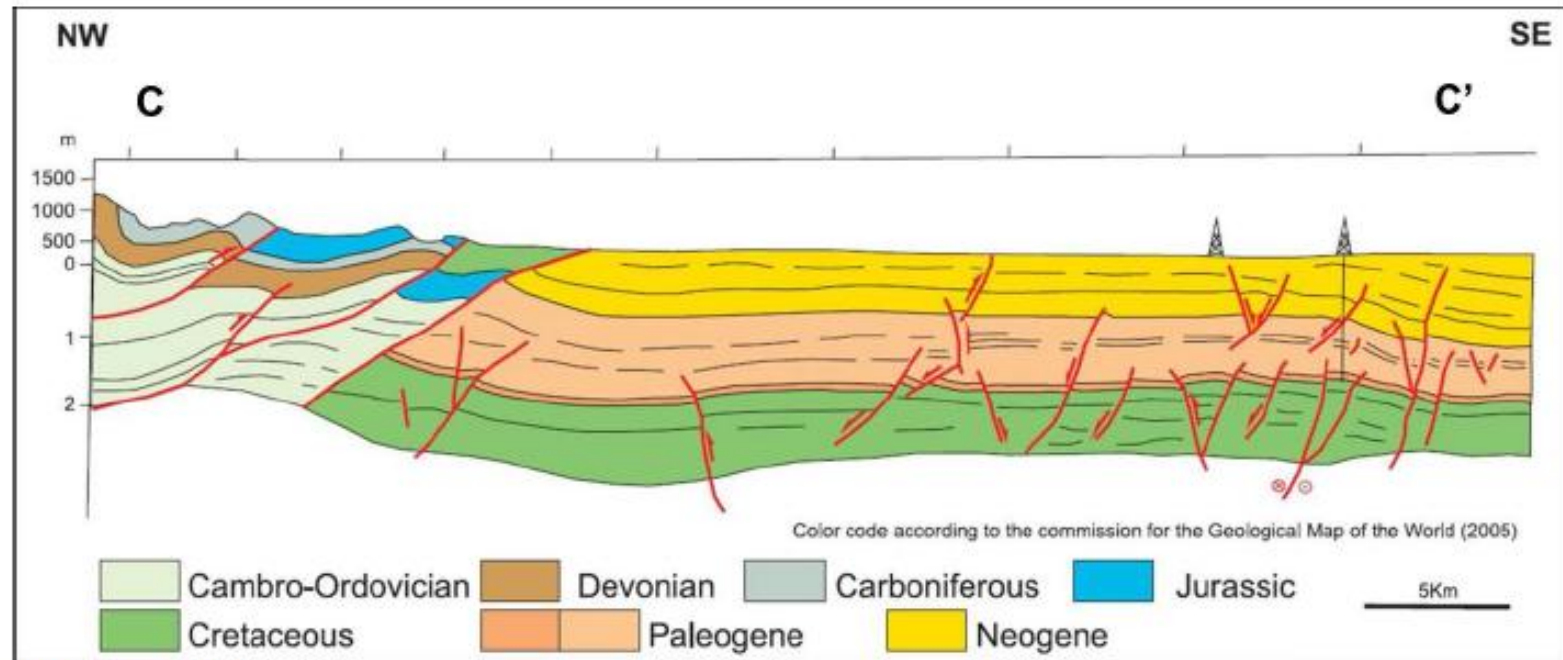
Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States.

U.S. Energy Information Administration (2013)



Polígono definido como prospectivo con red de ríos y humedales.

Figure IV-8: Schematic Cross Section of the Llanos Basin in Colombia



Source : ANH, 2007

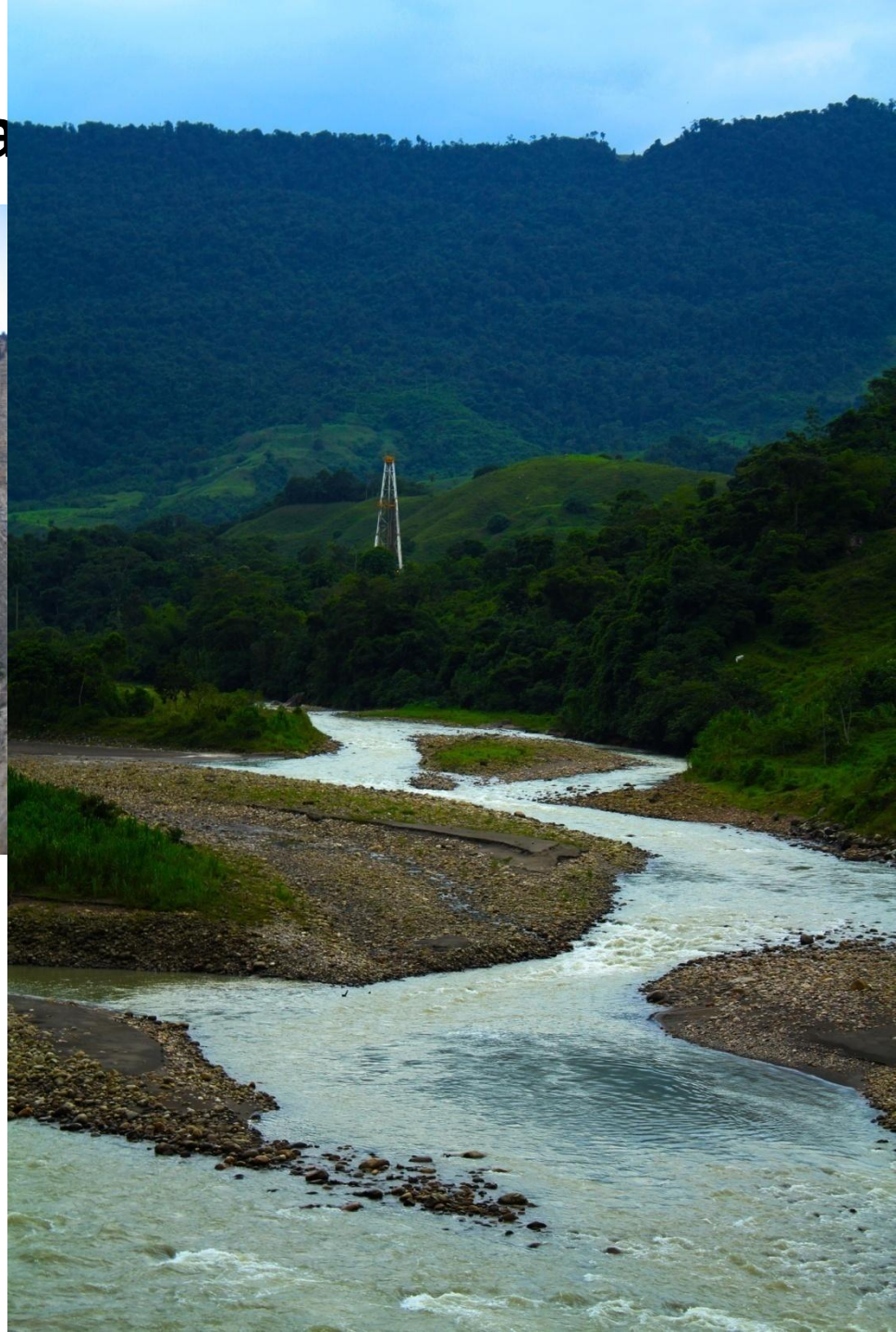
Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assesment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States.

U.S. Energy Information Administration (2013)

Environmental



Neslin, D. (2012) Sustainable Development: Producing Energy While Protecting the Environment



Colorado Inspections

- 18 full time inspectors located throughout the state
- Over 17,000 inspections in 2010

Colorado Complaints

- Response within 24 to 48 hours
- Water testing and analysis

Colorado Is both a Major Oil and Gas Producer

- 150 year history of production
- 47,000 active wells
- 3,000~ new wells each year
- 2011 production:
 - 1.68 trillion cubic feet natural gas (5th in U.S.)
 - 39 million barrels oil (9th in U.S.)

DE LOS TALLERES CON EXPERTOS:

Los acuíferos de agua dulce (< 4000 ppm de SDT) están por lo general a un nivel superficial. (...).

Es importante tener la caracterización geológica de la profundidad de los acuíferos previo a la perforación.

Los acuíferos pueden presentar naturalmente gas metano y otros compuestos químicos como el arsénico, BTEX, etc. De ahí la importancia de tener una línea base de la calidad de agua de los acuíferos previa a la perforación (...)

DE LOS TALLERES CON EXPERTOS:

En términos de calidad de agua el foco debe estar en la migración de gas y en contingencias por derrames de químicos o fluido de fracturamiento en superficie. Con base en la experiencia, el riesgo no está en la contaminación causada por la inyección de los fluidos de fracturamiento.

El desarrollo de pozos de inyección que están cerca o en zonas del Precámbrico o en donde hay fallas geológicas deberían ser evitadas en algunas regiones.

DE LOS TALLERES DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO

Los modelamientos permiten saber la dirección y que tanto las fracturas van a proyectarse tanto horizontal como verticalmente.

Por lo general las fracturas pueden proyectarse hasta 100 o máximo 300 m por encima de la fractura.

Es evidente que si un modelo permite saber, existe falta de concordancia en plantear que *por lo general* las fracturas se proyecten una u otra distancia.

Las fugas de metano asociadas a la contaminación de acuíferos por fracturamiento hidráulico en Estados Unidos, son excepcionales y en todos los casos se documentó que la causa era la pérdida de integridad del pozo.

Las fugas de gas metano y otros elementos tóxicos contenidos en las rocas (depende de las rocas perforadas, pueden existir metales pesados, metaloides y elementos radioactivos) y en el reflujos de los lodos de perforación y aguas de inyección/producción, son accidentes que, de ocurrir, causan daños ambientales por contaminación de suelo, subsuelo, aguas superficiales y acuíferos someros (GAO, op. cit).

DE LOS TALLERES CON EXPERTOS:

No hay afán pero si se recomienda empezar y no esperar a tener una reglamentación ideal.

(...) Las moratorias se identifican con procesos que han pecado por ser muy lentos.

Se recomienda empezar por un set de regulaciones simples (...) construidas en balance con lo que la autoridad se sienta cómoda con lo que deberían y pueden hacer las compañías. (...)

Se recomienda implementar (...) el mejoramiento continuo de esas regulaciones simples que deben ser refinadas y ajustadas a medida que se va teniendo mayor información de campo y mayor conocimiento sobre los posibles impactos, así como con los avances tecnológicos que se vayan presentando.

Expertos... ¿inhabilidades?

An environmental group, the Environmental Working Group, previously objected to the advisory group's makeup, saying **Deutch received more than \$1.4 million from energy companies Schumberger and Cheniere Energy for serving on their boards between 2006 and 2009.**

Other members of the committee said to have current financial ties to the natural gas and oil industry are (...) **Mark Zoback.** The scientists said their "**conflicts of interest make it appear that the subcommittee is designed to serve industry at taxpayer expense rather than serving President Obama and the public with credible advice.**"

U.S. advisory group on fracking has abundant ties to energy industry

As first recommendations emerge from Energy panel, scientists seek ouster of the chairman, John Deutch - a former CIA chief and director of Energy companies

By [Evan Bush](#) 4:29 pm, August 10, 2011 Updated: 12:19 pm, May 19, 2014



Gestión del Conocimiento - Talleres y Expertos (COLOMBIA)

- Marco regulatorio y planeación (Febrero 1° de 2013)
 - Academia: **John Deutch (MIT) & Mark Zoback (Stanford)**
 - Entidades: ANLA, SGC, MADS y MME.

<http://www.publicintegrity.org/2011/08/10/5683/us-advisory-group-fracking-has-abundant-ties-energy-industry>

DE LAS PROPUESTAS NORMATIVAS (MADS)

En el *Programa de Gestión del Conocimiento* se generaron propuestas de términos de referencia de los Estudios de Impacto Ambiental-EIA para la perforación exploratoria de HYNC, pero no existe propuesta de Términos para elaborar EIA para **explotación**, donde se presentan los mayores riesgos socioambientales.

DE LAS PROPUESTAS NORMATIVAS (MME, RESOLUCIÓN 90341 DE 2014)

ARTÍCULO 11. REQUERIMIENTOS DE CEMENTACIÓN PARA POZOS EXPLORATORIOS Y DE DESARROLLO.

La cementación de pozos exploratorios y de desarrollo de yacimientos no convencionales deberá cumplir los siguientes requisitos:

1. Requerimientos para revestimiento conductor y superficial:

- a) Los revestimientos superficial y conductor deberán cementarse hasta la superficie.
- b) La cementación debe ser realizada utilizando el método de bombeo y sello o un método similar que asegure el asentamiento del cemento.
- c) El revestimiento superficial debe ser sentado hasta una profundidad no menor de ciento cincuenta (150) pies por debajo del acuífero aprovechable para consumo humano más profundo encontrado con base en la información disponible.

DE LAS PROPUESTAS NORMATIVAS (MME, RESOLUCIÓN 90341 DE 2014)

ARTÍCULO 14. SUSPENSIÓN DE ACTIVIDADES DE ESTIMULACIÓN HIDRÁULICA. El operador deberá suspender las actividades de la operación de estimulación hidráulica en caso que se presente un evento sísmico de magnitud mayor o igual a cuatro (4) en la escala de Richter, cuyo epicentro esté ubicado dentro del área cuyo radio en torno al pozo donde se realizan la operaciones sea de dos (2) veces la profundidad del pozo y a una profundidad hipocentral menor de dieciséis (16) km de acuerdo con la información oficial del Servicio Geológico Colombiano, el operador deberá:

1. Suspender las operaciones de estimulación hidráulica.

(...)

DE LAS PROPUESTAS NORMATIVAS (MME, RESOLUCIÓN 90341 DE 2014)

ARTÍCULO 15. REQUERIMIENTOS PARA POZOS INYECTORES DE FLUIDO DE RETORNO Y AGUA DE PRODUCCIÓN

(...)

1. Requerimientos de información geológica:

(...) la formación geológica objetivo cuente con características geológicas que restrinjan la migración de fluidos hacia acuíferos aprovechables para consumo humano u otras formaciones.

(...)

a) Una revisión de la geología que incluya:

i) La formación geológica propuesta para la inyección.

ii) La estimación de la extensión lateral, porosidad y permeabilidad de la formación geológica para la inyección.

iii) Fallas geológicas identificables a cualquier profundidad que se encuentren dentro de un volumen de un cilindro imaginario en el cual:

a) La altura del cilindro corresponde a tres (3) veces la profundidad final del pozo inyector.

DE LAS PROPUESTAS NORMATIVAS (MME, RESOLUCIÓN 90341 DE 2014)

ARTÍCULO 15. REQUERIMIENTOS PARA POZOS INYECTORES DE FLUIDO DE RETORNO Y AGUA DE PRODUCCIÓN

(...)

1. Requerimientos de información geológica:

- iv) Cualquier evidencia histórica de sismicidad dentro de dieciséis (16) km del pozo de inyección propuesto.
- v) La instrumentación sismológica instalada que involucre el bloque dentro del que se encuentre el pozo inyector.
- vi) Línea base de sismicidad del área que involucre el bloque dentro del que se encuentre el pozo inyector con información existente.
- vii) Un well log del área indicando la profundidad y aislamiento de la zona de inyección y de otras formaciones geológicas importantes.

DE LAS PROPUESTAS NORMATIVAS (MME, RESOLUCIÓN 90341 DE 2014)

ARTÍCULO 15. REQUERIMIENTOS PARA POZOS INYECTORES DE FLUIDO DE RETORNO Y AGUA DE PRODUCCIÓN

(...)

1. Requerimientos de información geológica:

(...)

b) Se debe incluir un Área de Revisión a un radio de 3,2 km (2 millas) del pozo inyector para la cual se debe suministrar:

(...)

c) Con base en la información anterior realizar y proveer un análisis de riesgo que contenga:

i) El riesgo de afectar acuíferos aprovechables para consumo humano o la posibilidad de migración de fluidos a otras formaciones diferentes a las sujetas a aprobación para inyección.

ii) El potencial riesgo de causar sismicidad desencadenada por presencia de fallas geológicas activas en el área y cualquier referente histórico de sismicidad en la región. (...)

SEGUIMIENTO FUNCIÓN DE ADVERTENCIA CONTRALORÍA (Nov/14)

La CGR concluyó que el “*programa de gestión del conocimiento*” presenta insuficiencias en la generación y uso de conocimiento geológico y ambiental local y de las regiones del país con potencial para el desarrollo de actividades de exploración y explotación de hidrocarburos a partir de yacimientos no convencionales.

Aunque se hayan planteado convenios con el Servicio Geológico Colombiano y Colciencias para propender por la generación de este conocimiento, aún no se han finalizado ni se han obtenido los productos técnicos y científicos base

Lo anterior se traduce en que las entidades competentes (Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Autoridad de Licencias Ambientales) no cuentan hoy con suficiente información geológica propia, sobre aguas subterráneas, neotectónica y sobre los ecosistemas posiblemente afectables por esta técnica.

SEGUIMIENTO FUNCIÓN DE ADVERTENCIA CONTRALORÍA (Nov/14)

En calidad de aguas, la negligencia del MADS en la reglamentación de los límites máximos permisibles es usada de manera contraria a los intereses de los usuarios de las aguas, puesto que se dice que para metales pesados y metaloides, *“Una vez el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamente los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas, éstos deberán ser utilizados por el usuario”*. En este ítem se falta a los principios constitucionales de precaución y prevención.

SEGUIMIENTO FUNCIÓN DE ADVERTENCIA CONTRALORÍA (Nov/14)

Del las respuestas del MME:

“La sismicidad desencadenadora (triggered) puede pensarse como sismos naturales que se han adelantado en el tiempo por procesos como la inyección de agua residual. Los sismos inducidos solo ocurren debido a grandes perturbaciones como los cambios de la presión de poro que ocurre durante el fracturamiento hidráulico. Los sismos inducidos durante el fracturamiento hidráulico son extremadamente raros y nunca han sido de suficiente magnitud para causar daño o preocupación.”

Las generalizaciones llevan a ignorar el principio de precaución cuando se simplifica a tal grado la complejidad tectónica del país y se afirma que:

“Los sismos de gran escala son causados por las fallas grandes las cuales son fácilmente identificables.”

SEGUIMIENTO FUNCIÓN DE ADVERTENCIA CONTRALORÍA (Nov/14)

El caso del sismo de Kobe en 1995 ilustra bastante bien como fallas no consideradas como sismogénicas pueden causar desastres (Kikuchi, 1995), es decir, ilustran la complejidad y la incertidumbre. La Falla de Nojima presentó actividad el 17 de enero de 1995 y causó un sismo de magnitud 6,9 en la escala de Richter, con grandes daños en la Isla Awaji y la ciudad de Kobe.

Para ese entonces, Japón contaba con un catálogo de fallas activas que había sido publicado en 1980 y actualizado en 1991.

Kikuchi, M. (1995) Source process of the Kobe earthquake of January 17, 1995, Chishitsu-news, 486, 12-15

Research Group for Active Faults of Japan, Active faults in Japan: sheet maps and inventories, University of Tokyo Press, Tokyo, 359p., 1980 [J/E].

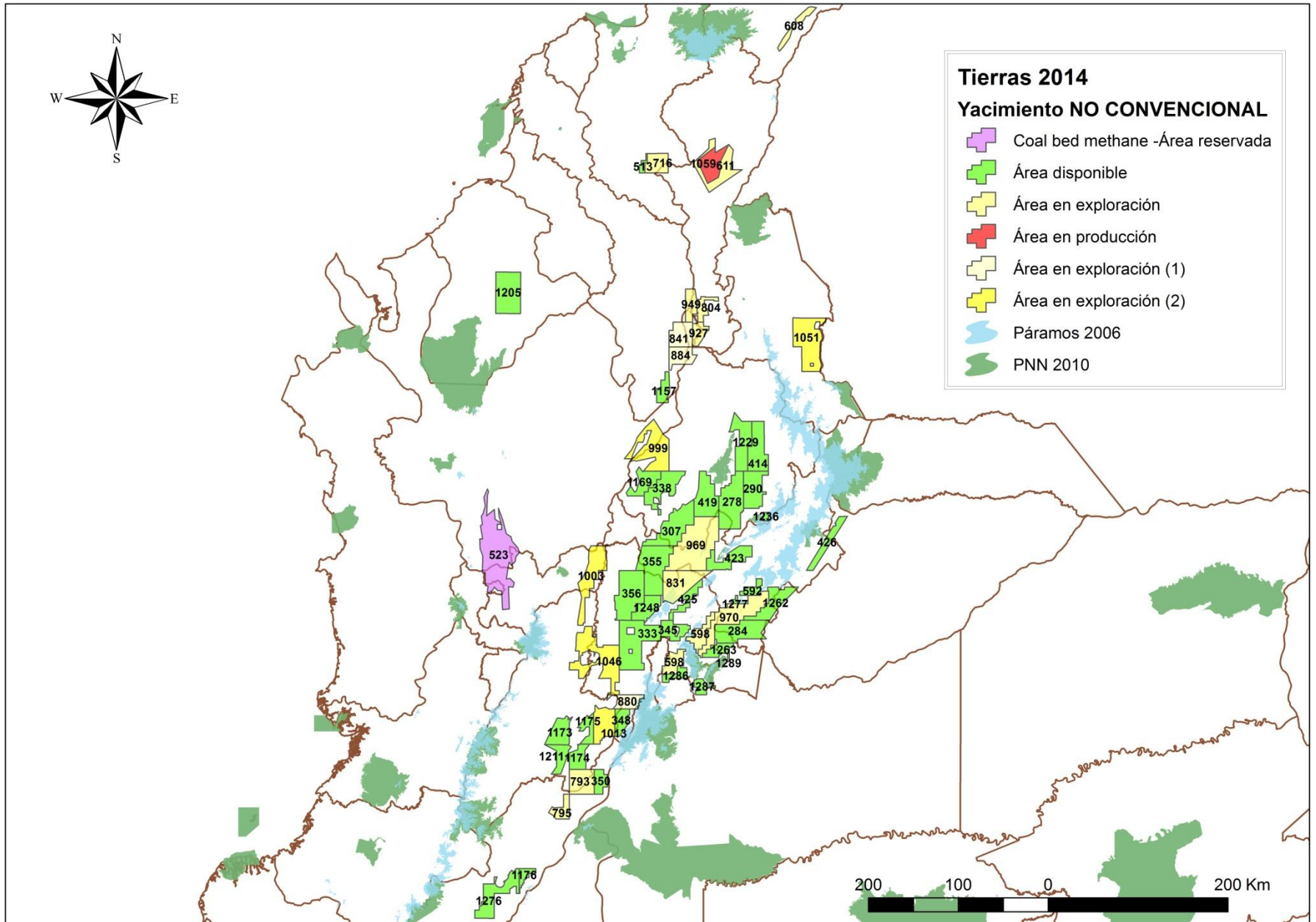
Research Group for Active Faults of Japan, Active faults in Japan: sheet maps and inventories [revised edition], University of Tokyo Press, Tokyo, 437p., 1991 [J/E].

SEGUIMIENTO FUNCIÓN DE ADVERTENCIA CONTRALORÍA (Nov/14)

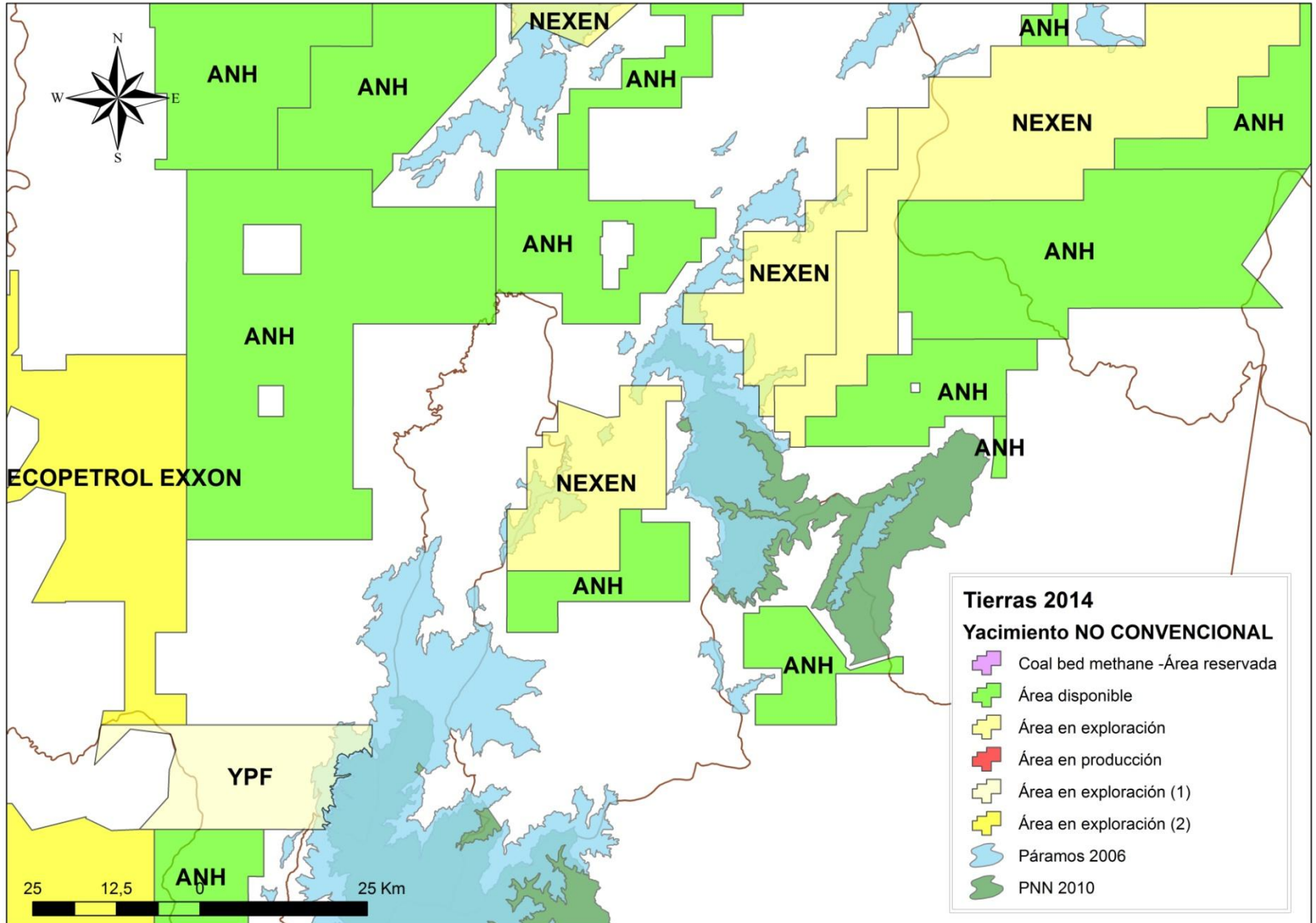
La apuesta en Colombia de esta actividad falta a principios constitucionales como los de Prevención y Precaución y a los desarrollos filosóficos y jurídicos que constituyen los llamados derechos de tercera y cuarta generación, en particular en referencia al ambiente sano, la calidad de vida y a evitar las deudas y pasivos intergeneracionales a costa de los recursos del Estado.

En desarrollo del seguimiento a la Función de Advertencia sobre exploración y explotación de YHNC y el principio de precaución, se evaluó la gestión en particular sobre estos puntos en cuatro (4) entidades del estado del sector central, como resultado se establecieron tres (3) hallazgos administrativos todos ellos con posible incidencia disciplinaria.

Yacimientos no convencionales (2014)

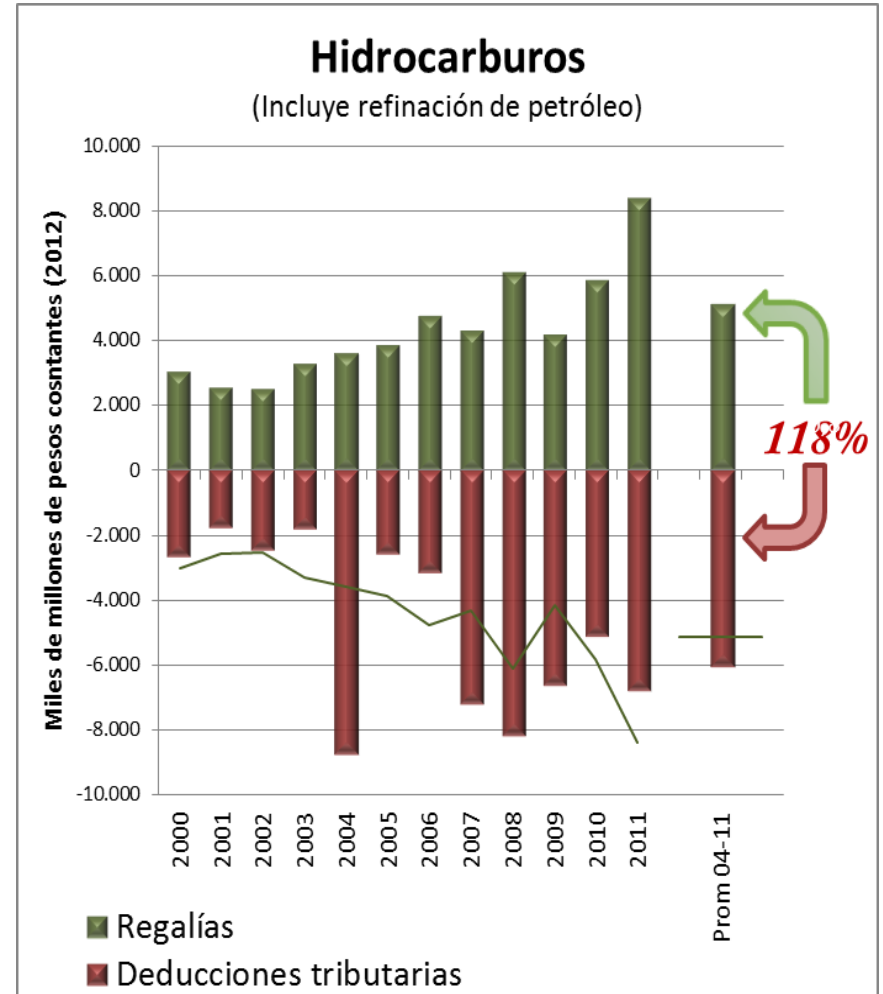
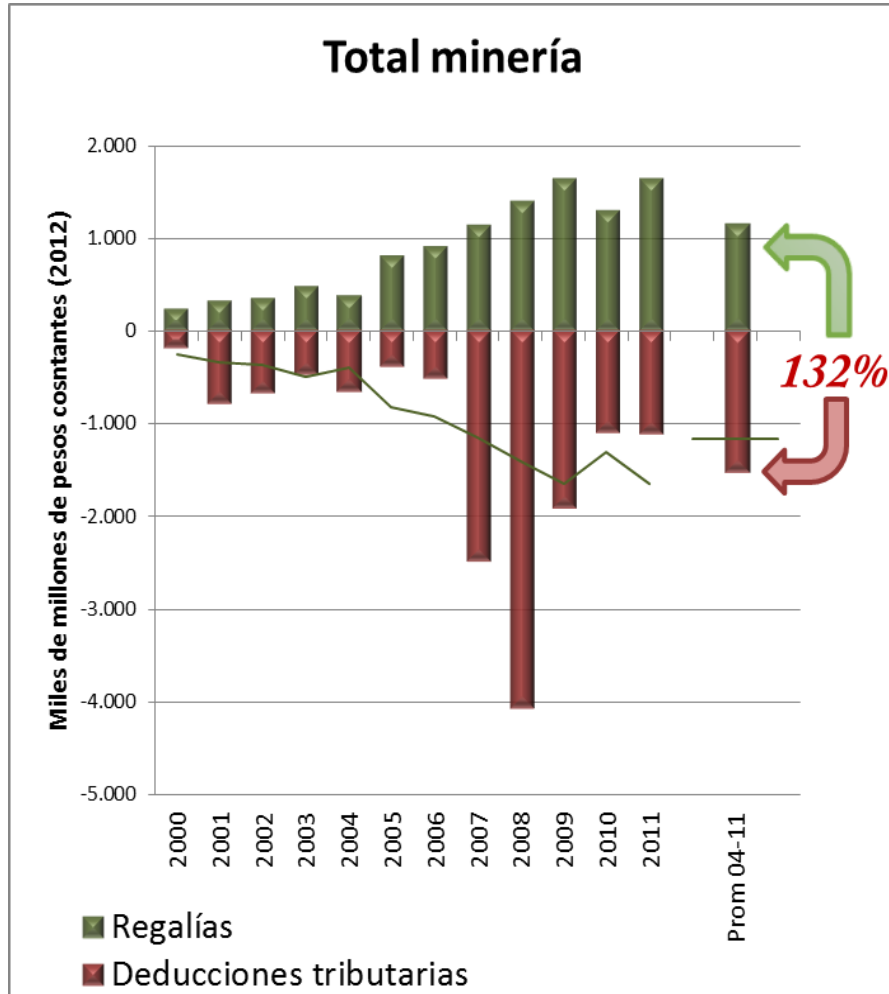


Intersección con zonas protegidas



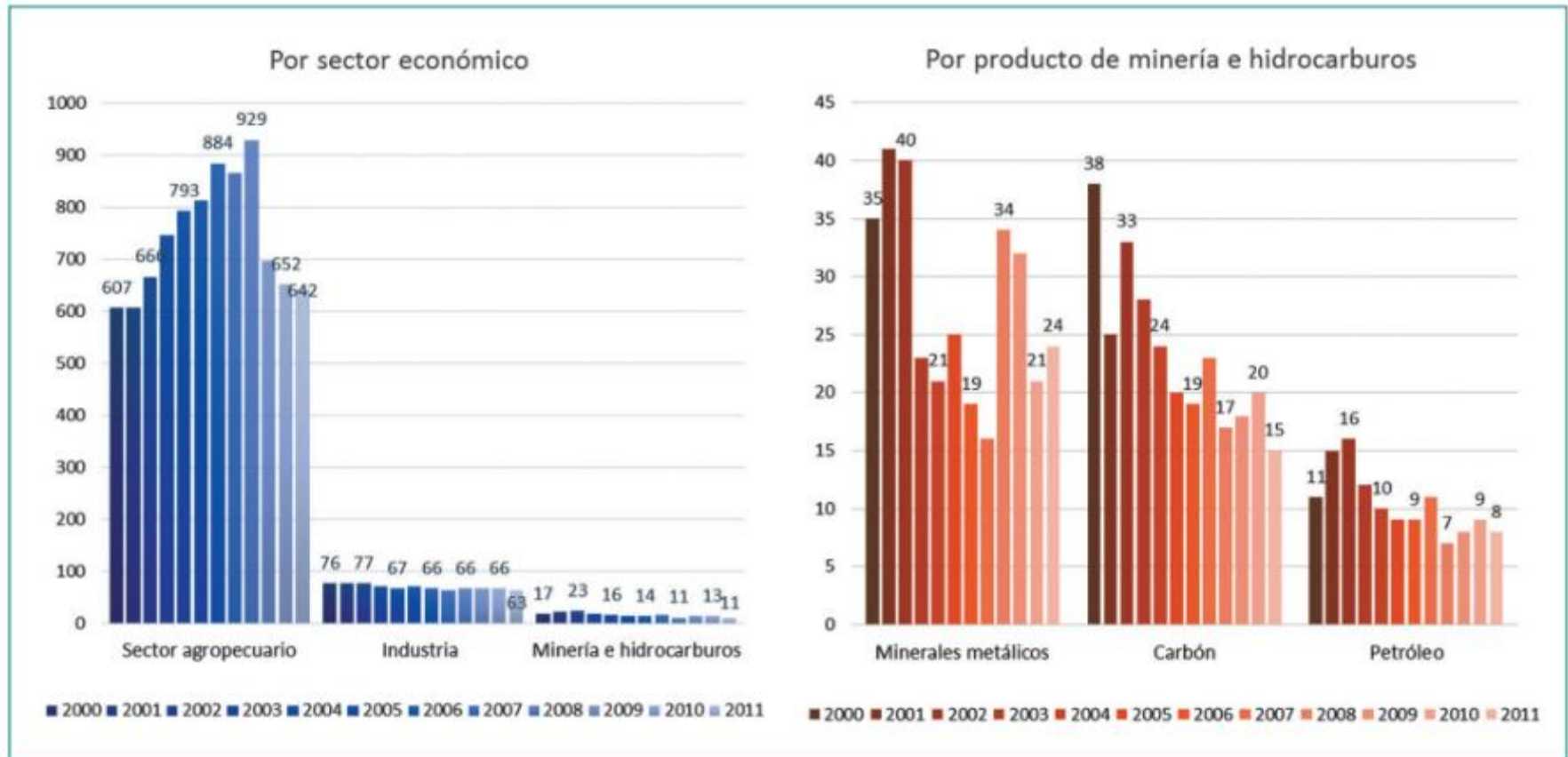
REGALÍAS VS DEDUCCIONES RENTA

De acuerdo con Rudas, 2013:



MINERÍA E HIDROCARBUROS: La calidad del empleo generado

Gráfico 2. Remuneración al trabajo (en pesos) por cada cien pesos del excedente bruto de explotación, 2000–2011.



Fuente: Cálculos propios con base en DANE, Cuenta de producción y generación del ingreso, por ramas de actividad económica (clasificación de Cuentas Nacionales)

Tomado de Rudas y Espitia, 2013. La paradoja de la minería y el desarrollo. Análisis departamental y municipal para el caso Colombia. En: Minería en Colombia. Vol. 2. Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Contraloría General de la República. Contraloría General de la República

El fracturamiento hidráulico de yacimientos no convencionales

La revisión de información científica en los Estados Unidos muestra evidencias de múltiples factores que pueden afectar el ambiente y la salud pública, a pesar de las mejoras tecnológicas. (Amenazas)

En Colombia, la generación de conocimiento geoambiental es aun muy deficiente. (Elementos vulnerables poco caracterizados o no identificados)

La apuesta de YNC es riesgosa al implantar una actividad que genera amenaza sobre el ambiente y la sociedad en un contexto de vulnerabilidades geoambientales, ecosistémicas y sociales poco caracterizado.