

04-001

## CRITICAL FEASIBILITY ANALYSIS OF FRACKING IN SPAIN

Delgado Calin, Gines; Serigot, Juan  
UPCT

This article is a summary of a critical feasibility analysis of the fracking development in Spain from the sustainable development point of view. We analyse the No fracking argumentation having a look to the impacts and risks that hydraulic fracture brings in order to explore and exploit the non-conventional natural gas resources. Besides the analysis of topics that are flowing in the media, we propose some rational ideas to implement them progressively in Spain based on the experiences and lessons learned at USA with some years of fracking explosion and from best practices from the heavy industry. This communication is the summary of the results of an investigation in the Projects Engineering subject at the UPCT in Cartagena.

**Keywords:** *energy; sustainable development; fracking; environmental impact.*

### ANÁLISIS CRÍTICO DE LA VIABILIDAD DEL FRACKING EN ESPAÑA

Esta comunicación presenta un análisis crítico de la viabilidad del Fracking en España desde el punto de vista del desarrollo sostenible analizando los argumentos de los que se oponen a ella, estudiando en detalle los más notables impactos y riesgos de la tecnología. Además y como aportación original se proponen algunas medidas de mitigación y control a la hora de su autorización ambiental para la racionalización de su implantación progresiva en España en base a las lecciones aprendidas de su desarrollo en Estados Unidos y las mejores técnicas disponibles procedentes de otras actividades industriales. Esta comunicación es el resultado de un trabajo de investigación dentro del área de Proyectos de Ingeniería en la UPCT de Cartagena.

**Palabras clave:** *energía; desarrollo sostenible; fracking; impacto medioambiental.*

Correspondencia: Ginés Delgado gines.delgado@upct.es

## 1. Introducción

En primer lugar, es preciso tener una visión integral de lo que significa el concepto desarrollo. En la “Declaración sobre el derecho al desarrollo” que aprobó la Asamblea General de las Naciones Unidas en diciembre de 1986, se indica que “el desarrollo es un proceso global económico, social, cultural y político, que tiende a la mejora constante del bienestar de toda la población y de todos los individuos sobre la base de su participación activa, libre y significativa en este desarrollo y en la distribución justa de los beneficios que de él se derivan”.

El concepto de “desarrollo sostenible” fue formulado explícitamente en el informe presentado por la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987, conocido como el Informe Brundtland, que lo define como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. El desarrollo sostenible descansa sobre la aceptación de que el desarrollo es posible y necesario; de que debe hacerse sostenible, perdurable y viable en el tiempo, y de que la sostenibilidad debe ser triple: Sostenibilidad social, medioambiental y económica.

Los factores que condicionan la sostenibilidad del modelo energético mundial y, en particular, del modelo español, son básicamente tres: la disponibilidad de recursos para hacer frente a la demanda de energía; el impacto ambiental ocasionado por los medios utilizados para su suministro y consumo y la enorme falta de equidad en el acceso a la energía, que constituye un elemento imprescindible para el desarrollo humano en la actualidad.

¿Por qué España se plantea el fracking? : Nuestro país importa casi la totalidad de su consumo energético de gas y petróleo, y nuestra dependencia energética en hidrocarburos es de las más altas de Europa. En España, en 2012, importamos el 4,5% del PIB en hidrocarburos, más de 45.000 millones de euros, de los cuales 15.000 MM € son de gas.

En plena crisis, España ha batido su récord de dependencia energética y ha agravado sus riesgos geoestratégicos: en 2013, con crecimiento negativo del PIB, la dependencia del gas argelino ha pasado del 42 al 52 por ciento. (CESEDEN, 2012)

La dependencia energética es un grave problema para la economía puesto que afecta a la balanza comercial: importamos combustibles fósiles del exterior (principalmente petróleo y gas) a unos precios que están sujetos a grandes cambios en los mercados internacionales. Es necesario, por tanto, reducir dicha dependencia de los hidrocarburos, apostando por políticas de ahorro energético y por el fomento de las energías renovables. Como podemos ver en la gráfica 1, la dependencia energética alcanzó su punto máximo en 2006, y aunque ha ido bajando en los últimos años, todavía no ha bajado lo suficiente. Así lo recomienda la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2012), que estimaba que, en tres años, las fuentes renovables crecerán un 40% en todo el mundo y serán la segunda fuente de generación eléctrica, por encima del gas y por debajo del carbón. España no debería ir a contracorriente de lo que marca la tendencia energética mundial.

**Figura1: Evolución de la dependencia energética de España (Metodología Eurostat)**



Hay sectores que opinan que para reducir la dependencia de los hidrocarburos la solución está en la acción combinada de eficiencia, fomento de las Energías Renovables y un cierto decrecimiento o cambio de modelo que afecte al consumo, estilo de vida, transporte, localización, etc.. A pesar de los esfuerzos que se están realizando, estas son apuestas de muy largo plazo y que necesitan de políticas en I+D, educación, incentivos. Según las proyecciones de organismos internacionales; agencia europeas y las propias asociaciones no gubernamentales como por ejemplo Greenpeace (2010) y Europa (2012) apuntan a horizontes como el 2020 para el 20%, 2035 para un 50% y del año 2050 para un posible 100% de energías renovables para la producción de electricidad. Sin embargo, las renovables a corto y medio plazo, no parece que puedan solucionar al 100% el problema energético, pues no garantizan la seguridad del suministro, y plantean todavía un gran listado de problemas técnicos, económicos y sociales que todavía se deben resolver en los próximos años.

Mientras tanto, el gas natural es el aspirante a ser uno de los grandes vectores de la energía y de la economía como tecnología de transición a un futuro de renovables. El gas natural pasaría a ser soporte/respaldo de las renovables aportando una facilidad en su transporte y distribución con menor impacto ambiental y menor riesgo en el suministro por la distribución geográfica mundial de los recursos que cambiarían el actual panorama geopolítico y el reparto de la riqueza e influencia de muchos países ahora dependientes.

## **2.- El gas natural y el fracking en España**

El sector del gas natural en España ha experimentado en los últimos años cambios relevantes en su estructura y funcionamiento, motivados esencialmente por los principios liberalizadores establecidos en las Directivas europeas. Dichos principios propugnan la apertura de los mercados a la competencia, en beneficio de los consumidores, y la mayor interconexión de los mismos para garantizar la seguridad de suministro.

La demanda de gas se reparte en dos grandes mercados, el mercado convencional, que agrupa los suministros de gas destinados al consumo residencial, al sector servicios y al sector industrial; y el mercado eléctrico, que agrupa los suministros de gas destinados a la generación en centrales eléctricas.

**Tabla 1: Evolución de la demanda anual de gas natural en España.**

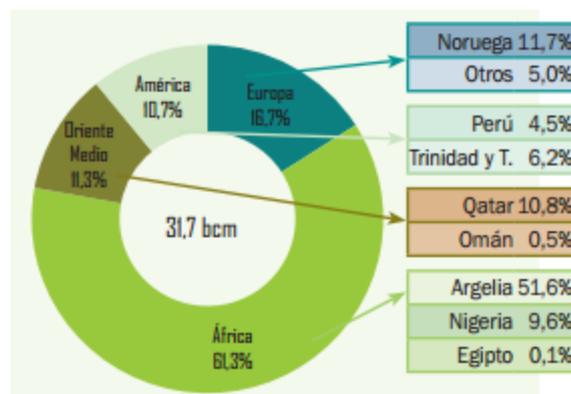
	GWh				
	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Demanda total</b>	404.555	404.315	377.792	365.351	335.989
<b>Demanda Convencional</b>	236.621	258.585	255.884	267.286	279.849
<b>Demanda de Generación eléctrica</b>	157.930	134.797	109.021	84.722	56.140
<b>LNG de Consumo directo</b>	10.004	10.934	12.887	13.343	11.786
<b>% Demanda Convencional</b>	58%	64%	68%	73%	83%
<b>% Demanda Generación eléctrica</b>	39%	33%	29%	23%	17%

Fuente: CORES 2013. Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos, tutelada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo. [www.Cores.es](http://www.Cores.es)

Como se observa en la tabla 1 la evolución de consumos registrada desde 2009 a 2013: la demanda convencional aumenta frente al descenso de consumos para generación eléctrica. Por tanto, no se necesita gas natural para generación eléctrica sino para cubrir la demanda convencional. El abastecimiento de gas al mercado español está condicionado por su situación geográfica, por la ausencia casi total de producción nacional, así como las escasas interconexiones con Europa. Estos aspectos provocan una alta dependencia de los abastecimientos de gas por vía marítima, en forma de LNG, que en el año 2012 representaron un 61% de los aprovisionamientos, mientras que las entradas por gasoducto representaron el 39% restante, que han aumentado de forma considerable por la puesta en marcha del gasoducto de conexión con Argelia (MEDGAZ).

Durante el año 2013, el mercado español se abasteció de un conjunto de once países. El principal país proveedor es Argelia, con un porcentaje del 51,4%. Noruega (11,7%), Qatar (10,8%), Nigeria (9,6%), Trinidad y Tobago (6,2%) y Perú (4,5%) y completan el grupo de países más importantes en la estructura de abastecimiento. La producción nacional es muy reducida (0,1% del consumo de gas en España).

**Figura 2: Importaciones de Gas natural por áreas geográficas en 2013 en España.**



Fuente: Red Eléctrica de España ([www.ree.es](http://www.ree.es))

## **El Gas No convencional en el mundo y en España**

Está previsto (KPGM 2012 , IEA 2011) que el gas no-convencional constituirá en 2035 el grueso de la producción de gas natural en Estados Unidos y China, lo que auparía a estos dos países al segundo y tercer puesto del ranking mundial de productores, con 779 bcm y 303 bcm por año, respectivamente. Rusia seguiría ocupando el primer lugar de dicho ranking, con 881 bcm anuales, la mayor parte de los cuales provendrían de fuentes convencionales.

La Agencia de la Energía de Estados Unidos distingue dos grupos de países donde la extracción de gas de pizarra es más interesante o viable:

El primer grupo consiste en los países que tienen una alta dependencia de gas natural de importación, tienen como mínimo alguna infraestructura de producción de gas natural y en los que las estimaciones de recurso de gas natural son significativas respecto a su consumo de gas (Francia, Polonia, Turquía o Ucrania).

El segundo grupo de países son aquellos en los que se estima que las reservas de gas de pizarra son muy grandes y en los que ya existe infraestructura para la producción y exportación de gas natural. (Canadá, México, China, Australia, Libia, Argelia o Brasil).

España no se encuentra en ninguno de los dos grupos.

En la siguiente tabla se refleja una estimación de las reservas de gas no-convencional por países.

**Tabla 2: Estimación de las reservas de gas no-convencional por países.**

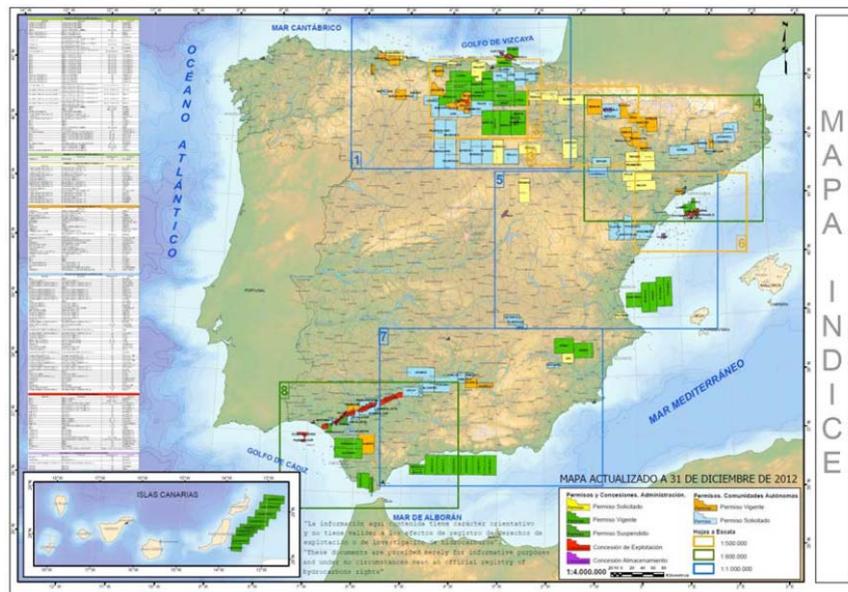
País	Reservas de gas de esquisto (trillones de pies cúbicos)
China	1,275
USA	862
Argentina	774
México	681
Sudáfrica	485
Australia	396
Canadá	388
Libia	290
Algeria	231
Brasil	226
Polonia	187
Francia	180
Otros	647

Fuente: Energy Information Administration.(EIA)

España no es ajena al interés por los recursos no-convencionales de gas natural. Aunque en principio, no presenta un potencial comparable al de países como Polonia o Francia. El potencial español es, sin duda, más que interesante para un país que importa prácticamente

el 99% de sus hidrocarburos, con un elevado coste de la energía que grava su competitividad y un problema de desempleo. Según algunos estudios [3], España puede albergar reservas suficientes de gas no-conventional para abastecer el consumo durante 40 años (las corrientes más optimistas hablan de 75 años) y produciría 10,000 puestos de empleo, según el Informe Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas de Cámara Rasco, Ángel y Pendas Fernández, Fernando (2013). España que, comparativamente con el resto de países europeos, es un país semi-explorado en materia de hidrocarburos convencionales, se encuentra en una etapa muy temprana en la prospección de recursos no-conventionales.

**Figura 3: Mapa de permisos y concesiones de hidrocarburos.**



Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Hasta el momento, la obtención de permisos exploratorios, autorizaciones administrativas, tanto a nivel central, como autonómico y local, junto con la compleja normativa medioambiental, con campos de actuación no bien delimitados entre las diferentes administraciones, están frenando la actividad de exploración en España de todos los hidrocarburos, convencionales y no-conventionales. Como se observa en la figura 3, las principales aéreas prospectivas se localizan en las cuencas Vasco-Cantábrica, Pirenaica, Ebro, Guadalquivir y Bética

### 3. Evaluación comparativa de impacto medioambiental y socioeconómico

En la siguiente tabla resumimos los impactos medioambientales más significativos y frecuentes encontrados en los informes de The Royal Society and The Royal Academy of Engineering (2012), Davies et al. (2012); Osborn et al (2011); Lechtenböhmer et al (2012); NYSDEC (2011), Bishop, Ronald E. (2011), Howarth et al. (2011), O'Sullivan et al (2012) y King, George E. (2010), con los argumentos positivos/a favor y negativos o en contra.

**Tabla 3: Resumen de los impactos mencionados ambientales del fracking según bibliografía consultada.**

<b>FACTOR</b>	<b>a favor</b>	<b>en contra</b>
Situación del proyecto	Los proyectos actualmente se encuentran en fase de exploración. Esta fase puede durar entre 3 y 4 años. Estos permisos no autorizan a extraer ni a producir gas.	La exploración puede tener los mismos riesgos e impactos que la explotación.
Riesgos durante la perforación	Baja probabilidad e impacto, siempre y cuando se respeten las buenas prácticas de la industria.	Riesgos de explosión, escapes de gas, escapes de ácido sulfhídrico y derrumbes.
Ocupación del terreno	Los pozos ocupan poco terreno y son fácilmente recuperables al final del proyecto. La ocupación suele durar "sólo" un máximo de 10 años.	Si el yacimiento es extenso, suelen perforar de 1.5 a 3.5 plataformas por km <sup>2</sup> , con una ocupación de 2 hectáreas cada una, con gran impacto paisajístico.
Contaminación acústica	El impacto acústico de la actividad se encuentra regulado al igual que en el resto de perforaciones.	Genera contaminación acústica a causa del incesante trabajo de perforación y tráfico pesado.
Marco normativo	El actual marco reglamentario europeo, realizado por la Comisión Europea y nacional es suficiente. La legislación medioambiental es muy exigente.	La legislación actual aplicable a esta técnica es insuficiente en muchos aspectos, debería ser más específica

<p>Creación de puestos de trabajo</p>	<p>Genera empleo. Impactaría la economía local por las necesidades logísticas de las empresas. Los datos tomados de referencia de EEUU dicen que en 400.000 pozos trabajan 1.700.000 trabajadores, es decir, 4,25 por pozo.</p>	<p>El empleo estará dirigido hacia una plantilla altamente técnica, cualificada y de gran experiencia. Parte de la cual puede provenir de contratación con terceros, hasta que los conocimientos y la experiencia se desarrollen localmente.</p>
<p>Contaminación de acuíferos</p>	<p>La explotación se realiza a gran profundidad por debajo de las masas de agua subterránea. Se sitúan dos barreras de tuberías y cementaciones que aíslan el pozo de los acuíferos, barreras que se someten a rigurosas pruebas de estanqueidad.</p>	<p>La mayoría de las violaciones medioambientales por fracking en EEUU provienen de la contaminación de las aguas.</p>
<p>Cantidad de agua empleada</p>	<p>Un pozo tipo utiliza una media de 15.000 m<sup>3</sup> durante la vida útil. Esta cifra es menor que la cantidad que se utiliza para regar dos hectáreas de maíz en época de riego o un campo de golf durante 2 meses.</p>	<p>Compite su uso con el uso de agua dulce para consumo humano, agrícola o ganadero en zonas de escasez de agua.</p>
<p>Revelación de la composición química a las autoridades</p>	<p>La composición química de los compuestos utilizados como aditivos se revela a las autoridades competentes y a los ciudadanos.</p>	<p>Las empresas suministran muy poca información acerca de las sustancias que emplean como aditivos y de los riesgos que conlleva su manejo.</p>
<p>Productos químicos empleados</p>	<p>Los productos químicos empleados son como máximo un 1% del fluido utilizado para fracturar. Todos los aditivos que se utilicen deberán estar registrados en el código europeo REACH y se manipularán y usarán de acuerdo con las normativas europeas y nacionales.</p>	<p>Un 1% del líquido de fracturación son muchos litros (15.000 l) y algunos de ellos están compuestos por químicos que son tóxicos, nocivos y en definitiva aumenta el riesgo de contaminación.</p>

<p>Emisiones Metano y CO2</p>	<p>La generación de electricidad a partir del gas emite menos de gases de efecto invernadero que el carbón. Las emisiones de metano y CO2 asociadas a la exploración y desarrollo del shale gas se pueden minimizar.</p>	<p>Se producen escapes de metano a la atmosfera y es un gas que es 25 veces más perjudicial que el CO2 de cara al calentamiento global.</p>
<p>Relación con las EERR</p>	<p>El gas natural complementa las energías renovables. Para reducir al máximo la emisión de gases de efecto invernadero se le considera un combustible "puente" clave para la transición hacia una economía baja en carbono.</p>	<p>Los ecologistas apuestan por un sistema energético totalmente basado en renovables. Ven una amenaza la disponibilidad de grandes cantidades de gas. Consideran absurdo destinar recursos en combustibles fósiles con impactos medioambientales</p>
<p>Terremotos</p>	<p>Durante más de 60 años y dos millones de pozos por todo el mundo, sólo se han registrado dos casos en el Reino Unido, en Lancashire, de 1,5 y 2,4 en la escala Richter.  Los seísmos menores de 3 no son relevantes.</p>	<p>Las explotaciones son más rentables cuantos más pozos tienen, lo que multiplica el riesgo de pequeños terremotos al volverse inestable el terreno o en zonas de alta sismicidad previa donde pueden alimentar fallas existentes.</p>
<p>Tratamiento de las aguas residuales</p>	<p>Se recupera el agua y se trata como cualquier residuo industrial. Lo exige la ley, existen empresas certificadas para el proceso.</p>	<p>Junto al gas y los químicos retornan a la superficie sustancias peligrosas, incluso radiactivas, metales pesados como plomo y mercurio.</p>
<p>Almacenamiento aguas residuales</p>	<p>El agua se almacena en tanques y se analiza. Las concentraciones de aditivos y contaminación son bajas.</p>	<p>Las aguas contaminadas se almacenan en balsas que pueden fugar y accidentalmente contaminar acuíferos cercanos.</p>

#### 4. Conclusiones y resultados

Habiendo estudiado los datos energéticos de España, su dependencia energética y en concreto el mercado del gas natural podemos concluir que España puede verse motivada estratégicamente a la exploración primero y a la futura explotación del gas no convencional para reducir su dependencia energética del exterior a la vez que mejorar su balance comercial. Atendiendo a los estudios, informes y tendencias a nivel mundial, el gas no convencional va a ir desarrollándose en aquellos países donde existen grandes reservas, habiéndose implantado de forma masiva en Estados Unidos, no siendo España, con la información disponible actualmente un país con grandes posibilidades por las reservas estimadas. Por tanto, una vez comprendemos el porqué de la aparición del fracking debemos abordar el cómo, es decir, analizar críticamente su viabilidad.

La viabilidad de la fractura hidráulica así como su importancia dentro del desarrollo sostenible en su concepto más amplio, es un asunto a tratar con sumo cuidado, pues las ventajas y beneficios que pueda ocasionar, deben analizarse al mismo tiempo y con el mismo interés que los inconvenientes y daños que pueden ocasionar en el medio ambiente. Es responsabilidad de todos, informar y comunicar a la sociedad de una forma veraz y completa sobre los impactos de este tipo de proyectos. Por tanto, y partiendo del principio de prudencia, la legislación medioambiental no solo debe aplicarse sino que debe adaptarse a la misma velocidad que la tecnología y la sociedad demandan. Por esto, en la tabla 3 hemos resumido los impactos medioambientales y socioeconómicos que se referencian más a menudo en los estudios que se van publicando pero desde los dos puntos de vista, de los que están a favor y en contra, permitiendo así contrastar en un solo documento como un mismo concepto puede llegar a analizarse con una perspectiva negativa para el medioambiente o puede relativizarse e incluso presentarse como un impacto positivo que permite balancear la percepción final que se puede obtener de este tipo de proyectos de exploración y explotación de gas no convencional.

Nuestra aportación en este sentido, no se queda en una mera observación crítica de los pros y contras, sino que se resume en la siguiente tabla 4 en la que proponemos una serie de medidas de control, mitigación o recursos de forma que se puedan reducir las probabilidades de ocurrencia de un daño medioambiental durante la ejecución de un proyecto de fractura hidráulica y que pudieran incluirse en las evaluaciones de impacto medioambientales a realizar por las administraciones competentes.

Estas medidas de mitigación y control de impactos lógicamente pueden tener una repercusión económica que afectaría (habría que evaluar sus costes) a la viabilidad total de los proyectos. Algunas de ellas pueden necesitar el desarrollo de legislación específica.

**Tabla 4: Propuestas de medios de control y mitigación**

<b>RIESGOS</b>	<b>MEDIOS DE CONTROL Y/O MITIGACION PROPUESTOS</b>
Integridad del pozo	Obligatoriedad del uso de múltiples camisas de protección
	Instalación de seguridades, controles y supervisión en continuo
Consumo de agua	Evaluación impacto y autorización volúmenes
	Uso de aguas salobres y mínimos de agua dulce
	Reutilización, control y supervisión continuo del consumo
Contaminación del agua	Monitorización con instrumentación online y offline de todos los contaminantes
	Muestreos y análisis frecuentes
	Distancias de seguridad con acuíferos y poblaciones
Materiales radioactivos	Mediciones y descontaminación si es necesaria
Sismicidad	Evaluación geológica preliminar detallada
	Mediciones online y aplicar medidas correctoras según niveles
Tratamiento de aguas residuales	Medición en continuo
	Autorización de vertidos según evaluación ambiental
Uso de productos químicos	Declaración transparente ( EMAS/ ISO 14001 o similares)
	Seguimiento mediante auditorias independientes
Emisiones	Mediciones y autorización emisiones acorde legislación
Uso del suelo	Análisis y autorización local basada en compatibilidad con entorno
Salud humana y animal	Controles y seguimientos (médicos y veterinarios) frecuentes

## 5.- Referencias

- Bishop, Ronald E. (2011) *Chemical and Biological Risk Assessment for Natural Gas Extraction in New York*. Chemistry and Biochemistry Department. State University of New York. Obtenido de [www.tinyurl.com/5wp4ybg](http://www.tinyurl.com/5wp4ybg) .
- Cámara Rasco, Ángel y Pendas Fernández, Fernando (2013). *Gas no Convencional en España. Una oportunidad de futuro*. Informe Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas.
- CESEDEN (2013). *Energía y clima en el área de la seguridad y la defensa*. Escuela de Altos Estudios de la Defensa. Ministerio de Defensa.
- Davies, R.J., et al. (2012) *Hydraulic fractures: How far can they go?*. Marine and Petroleum Geology. doi:10.1016/j.marpetgeo.2012.04.001.
- Europa. EU2050 *Energy Roadmap* (2012)  
Disponible en <http://ec.europa.eu/energy/en/studies>
- Greenpeace. *Energy revolution A Sustainable World Energy Outlook* (2010) Disponible en [www.greenpeace.org/publications](http://www.greenpeace.org/publications)
- Howarth, Robert W.; Renee Santoro; Anthony Ingraffea. (2011) *Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations*. Department of

- Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, Ithaca. doi:10.1007/s10584-011-0061-5
- IEA (2012). *Golden Rules for a Golden Age of Gas*. World Energy Outlook. Special Report on Unconventional Gas. International Energy Agency .Disponible en:  
[http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/goldenrules/weo2012\\_goldenrulesreport.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/goldenrules/weo2012_goldenrulesreport.pdf)
- King, George E. (2010) *SPE 133456 Thirty Years of Gas Shale Fracturing: What Have We Learned?* ". SPE Completions and Production Study Group. Apache Corporation.
- KPGM (2011) *Shale Gas- A Global Perspective. Impacts of shale gas and shale oil extraction on the environment and on the human health*.
- Lechtenböhmer, Stefan; Altmann, Matthias; Capito, Sofia; Matra, Zsolt; Weindorf, Werner; Zittel, Werner. (2012) *Repercusiones de la extracción de gas y petróleo de esquisto en el medio ambiente y la salud humana*. Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria / Parlamento Europeo.  
<http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=ES>
- NYSDEC, With Assistance from Alpha Environmental, Inc., ICF International, URS Corp, NTC Consultants and Sammons/Dutton LLC. (2011) *Supplemental Generic Environmental Impact Statement On the Oil, Gas and Solution Mining Regulatory Program Well Permit Issuance for Horizontal Drilling And High-Volume Hydraulic Fracturing to Develop the Marcellus Shale and Other Low-Permeability Gas Reservoirs Preliminary Revised Draft*.  
Obtenido de <http://www.dec.ny.gov/data/dmn/ogprdsgeisfull.pdf>
- Osborn, Stephen G., Avner Vengosh, Nathaniel R. Warner and Robert B. Jackson (2011) *Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing*. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1100682108](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1100682108)
- O´Sullivan Francis; Sergey Paltsev. (2012) *Shale gas production: potential versus actual greenhouse gas emissions*. Massachusetts Technology Institute.  
doi:10.1088/1748-9326/7/4/044030
- The Royal Society and The Royal Academy of Engineering (2012). *Shale gas extraction in the UK: a review of hydraulic fracturing*.