

LA REVOLUCIÓN ENERGÉTICA EN NORTEAMÉRICA

Isaac Cohen, PhD.

Doctor en Ciencias Políticas por el Instituto de Altos Estudios Internacionales de la
Universidad de Ginebra, Suiza.

Presidente de INVERWAY LLC, empresa radicada en Washington DC, dedicada a
promover iniciativas económicas en el Hemisferio Occidental.
icohen9843@aol.com

ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

Recibido: 30 de noviembre de 2015.

Aceptado: 29 de enero de 2016.

RESUMEN

Este artículo describe la revolución energética que está ocurriendo en Norteamérica e identifica algunas de las consecuencias que esta revolución puede tener para el surgimiento de un nuevo mapa energético mundial. Primero identifica algunos de los factores que explican porque la revolución energética ocurrió en Estados Unidos, mediante la utilización de nuevas tecnologías de exploración y explotación de fuentes no renovables, como el gas natural y el petróleo de esquistos. Concluye describiendo como esta transformación ha cambiado el mapa energético mundial.

Palabras clave: fracturación hidráulica, perforación horizontal, petróleo y gas natural de esquistos.

ABSTRACT

This article describes the energy revolution which is taking place in North America and identifies some of the consequences this revolution may have for the new world's energy map. The essay is divided in two parts. First, it identifies some of the factors which explain why the energy revolution happened in the United States, through the utilization of new technologies to explore and extract non renewable sources, such as shale oil and natural gas. It concludes describing how this transformation has changed the world's energy map.

Keywords: horizontal drilling, hydraulic fracturing, shale oil and natural gas.

INTRODUCCIÓN

En política una revolución ocurre cuando una clase social derroca a otra. Lo mismo en las ciencias duras, se habla de revoluciones científicas, cuando un paradigma reemplaza a otro. El término también se puede utilizar respecto al abastecimiento energético, cuando una fuente de energía desplaza a otra, como cuando el vapor y el motor de combustión interna desplazaron a los vehículos de tracción animal.

En la actualidad, desde hace cinco años, está ocurriendo ante nuestros ojos una revolución energética, por la cual ciertas fuentes de energía están desplazando o amenazando con impedir el desarrollo de otras.

Una peculiaridad de la actual revolución energética es que no son las fuentes nuevas de energía las que están retando a las fuentes tradicionales. Lo contrario está ocurriendo, casi hasta podría decirse que se trata de una contrarrevolución. Porque las fuentes tradicionales de energía no renovable, como el gas y el petróleo, han retornado con vigor a desplazar otras fuentes tradicionales, como el carbón, así como a retrasar, o quizás hasta impedir, haciendo menos viable el desarrollo de fuentes alternativas renovables, como el viento y el sol.

Se trata de un cambio impresionante, sobre todo por su celeridad. Hace apenas cinco años, por diversas razones, el tema que dominaba la agenda energética era la búsqueda y utilización de fuentes alternativas. Porque se temía que las tradicionales podían agotarse, así como por sus efectos contaminantes, como en el caso del carbón, o bien porque se habían encarecido, viabilizando la búsqueda de fuentes alternativas más costosas, pero más limpias.

Otra peculiaridad de la actual revolución energética es que comienza en Estados Unidos y se concentra en América del Norte, a causa de una conjunción muy particular de factores. Entre ellos figura el hallazgo de nuevas tecnologías, a la par de un sector empresarial dispuesto a asumir el riesgo de comercializarlas, estimulados por la persistencia de precios elevados de las fuentes tradicionales y finalmente, contando con el apoyo firme y constante del sector público federal y estatal.

REVISIÓN TEÓRICA

1. Conjunción de factores.

La explicación de cómo se ha recuperado la exploración y explotación de gas y petróleo en Estados Unidos puede ser abordada desde distintos ángulos. Por ejemplo, uno de los

más fascinantes consiste en la descripción de los fracasos y el auge de los empresarios privados, quienes asumieron el riesgo de utilizar nuevas tecnologías y consiguieron derivar grandes fortunas, o incurrieron en grandes pérdidas. Se trata de un relato de profundas caídas y de espectaculares ganancias, de optimismo casi obsesivo, de ingeniosidad y tozudez (Zuckerman 2013).

Este enfoque personalista es similar al que se ha utilizado algunas veces para describir el desarrollo de las empresas de alta tecnología (dotcoms), enfocándose sobre la biografía de personajes como Steve Jobs (Apple) o de Bill Gates (Microsoft). Estas narrativas han llegado hasta ser taquilleras películas de Hollywood.

Pero, los relatos personalistas sobre las “dotcoms” le restan protagonismo, por ejemplo, al efecto de la conjunción de la revolución en las telecomunicaciones con las nuevas tecnologías de información, o al decisivo papel desempeñado por el Pentágono en la creación de la Internet. Es decir, en el afán de resaltar el protagonismo de los empresarios, se le otorga menos importancia, o se destacan menos otros factores decisivos.

Es sabido que la descripción más certera de cualquier fenómeno social es pluricausal, por acercarse más a la realidad reconociendo la influencia de distintos factores en el resultado.

En el surgimiento y progresión de la actual revolución energética destacan, por lo menos, cuatro factores, enumerados en orden que no prejuzga sobre su importancia relativa. Primero, el desarrollo de nuevas tecnologías de exploración y explotación, conocidas como fracturación hidráulica (fracking), y perforación horizontal o direccional. Segundo, los empresarios pioneros que asumieron el riesgo de utilizar esas tecnologías, constituyéndose en eslabón clave para comercializarlas. Tercero, el alza de los precios de las fuentes tradicionales no renovables, la cual viabilizó incurrir en los elevados costos de utilizar los nuevos métodos de exploración y explotación. Finalmente, el apoyo constante y decisivo proporcionado por el sector público, efectuando investigaciones que condujeron a decisivos hallazgos tecnológicos, o bien subsidiando la utilización de dichos hallazgos.

La conjunción de esos cuatro factores contribuyó a la espectacular transformación del mapa energético mundial que estamos presenciando. A continuación se describe brevemente cada uno de ellos.

1.1. La tecnología.

La extracción de gas de esquistos en Estados Unidos data de principios del siglo XIX. En 1821, se logró extraer gas de esquistos en Fredonia, Nueva York, cuya explotación alimentó las lámparas de gas que iluminaban las ciudades del estado de Nueva York (Environmental Engineering and Contracting (EEC) 2010).

No obstante, hasta 1947 se utilizó por primera vez la técnica de fracturación hidráulica, la cual consiste en perforar verticalmente, sin mucha profundidad, inyectando agua en el pozo con alta presión, mezclada con arena y sustancias químicas. El propósito es fracturar las distintas capas del subsuelo para que por las grietas se fuguen los hidrocarburos atrapados entre ellas.

Esta primera aplicación vertical de la fracturación hidráulica consiguió resultados positivos perforando y fracturando franjas del subsuelo, sobre todo de piedra caliza y de piedra arenisca, las cuales son más susceptibles de fragmentación por ser más permeables.

Sin embargo, la perforación hidráulica vertical tuvo menos éxito en la fragmentación de capas del subsuelo más profundas y más sólidas, como las de esquistos. Estas franjas del subsuelo son mucho más resistentes por contener cuarzo, el cuarto mineral más duro. Además, la formación geológica de los esquistos es muy diferente, porque son de estructura laminar y de alta porosidad, pero de poca permeabilidad. Por ende, es relativamente menos fructífera la fracturación hidráulica de esquistos con taladros rotatorios introducidos verticalmente.

Además, entre los ingredientes que se usaron originalmente en la fracturación hidráulica se encontraban sustancias gelatinosas, para hacer más poderosas las ráfagas de agua. Sin embargo, éstas resultaban contraproducentes cuando se utilizaban en la fragmentación de esquistos. En efecto, las sustancias gelatinosas, bloqueaban las grietas que abrían en el subsuelo las ráfagas hidráulicas. Sólo con la eliminación de esas gelatinas, por error, se lograron mejorar moderadamente los resultados.

Otro hallazgo tecnológico decisivo y complementario condujo a inclinar los taladros, hasta llegar a perforar horizontalmente, lo cual permitió identificar y separar yacimientos en distancias enormes, de hasta 3 kilómetros. Además, por su estructura laminar, los esquistos resultaron más susceptibles de ser fragmentados horizontalmente.

En 1976, los ingenieros W.K. Overby y J. Passini del Centro de Investigación Energética de Morgantown, actualmente el Laboratorio Nacional de Tecnología Energética del Departamento de Energía, registraron la patente de una técnica de perforación direccional. Esta permitió la exploración y explotación horizontal de amplios yacimientos de esquistos (Schellenberger et al. 2012).

En una longitud de tres kilómetros perforada horizontalmente, cómo hacer para saber dónde se encuentran los yacimientos más abundantes. Mientras no se resolviera ese enigma, la perforación horizontal estaba ocurriendo a ciegas y al azar.

El enigma se resolvió aplicando imágenes micro sísmicas tridimensionales a los yacimientos de esquistos. Originalmente, esta tecnología fue desarrollada en el Laboratorio Nacional de Sandía ubicado en Nuevo Méjico, del Departamento de Energía, para identificar vetas en minas de carbón. Su aplicación permitió identificar la ubicación de los yacimientos más abundantes y perforar donde era más prometedor. (Shellenberger 2012).

Además, fueron incorporados gradualmente otros hallazgos tecnológicos complementarios efectuados en otras actividades. Por ejemplo, la utilización de algunos hallazgos en perforación de energía geotérmica, apoyados por un programa del Departamento de Energía, condujeron al diseño de taladros forrados de diamante, más adecuados para perforar roca sólida (Departamento de Energía 2010, pp. 13-15).

De esta breve descripción se deduce la conclusión que el proceso de elaboración y aplicación exitosa de la tecnología fue lento y tortuoso. Contado a partir de la primera patente de perforación horizontal, en 1976, transcurrieron treinta años, hasta 2006, cuando las tecnologías comenzaron a generar resultados importantes.

En rigor, tres décadas no es mucho tiempo, si se comparan con el siglo que tuvo que transcurrir para separar el teléfono de la pared y convertirlo en unidad móvil de uso generalizado. Pero el tiempo no es lo más relevante para que una nueva tecnología desemboque en una transformación productiva. Hacen falta otros eslabones esenciales.

1.2. Los empresarios.

Otro factor esencial son los empresarios, quienes asumen el riesgo de ensayar la utilización costosa de nuevas tecnologías con tenacidad, hasta conseguir resultados positivos.

En Estados Unidos, una peculiaridad del régimen de propiedad de la tierra constituye el trasfondo que permite el surgimiento de una clase de empresarios que no es común en otras latitudes, precisamente porque el régimen de propiedad no lo permite.

En contraste con lo que ocurre en casi cualquier otra sociedad, en Estados Unidos la propiedad del subsuelo le pertenece al propietario de la superficie. Eso hace que los contratos de exploración y de explotación de los recursos del subsuelo resulten de acuerdos entre entidades privadas. Lo cual es muy distinto a los contratos de exploración

y explotación que se celebran en aquellos países donde el subsuelo le pertenece al estado.

Este régimen de propiedad estimula el surgimiento de empresarios independientes, dedicados a la celebración de contratos privados con los propietarios de la superficie de terrenos en donde se sospecha que pueden existir yacimientos de hidrocarburos. En el vernáculo de la industria petrolera, a estos empresarios se les conoce como “wildcatters,” lo cual traducido literalmente quiere decir “cazadores de gatos salvajes.” Sin embargo, a principios del siglo XIX el término “wildcat” ya se utilizaba en el argot de los negocios, para describir transacciones muy riesgosas (Zuckerman 2013, p. 164).

El término se comenzó a utilizar en la industria petrolera en la región de Titusville, Pennsylvania, donde en 1849 se perforó el primer pozo petrolero de Estados Unidos. De hecho, cerca de Titusville, en lo que después se conoció como las “Regiones Petroleras” (Oil Regions), existieron pozos activos en un lugar llamado Wildcat Hollow (Yergin 2008, p. 13; Zuckerman 2013, p. 164).

A partir de entonces, a los empresarios independientes dedicados a prospectar petróleo y gas se les conoce como “wildcatters.” Se trata de personajes dispuestos a asumir riesgos, vendedores de sueños, muchos de ellos geólogos. Es conocida la división de tareas que existe en la industria petrolera entre los geólogos soñadores, calculadores de reservas y los ingenieros realistas, encargados de ejecutar las obras materiales de prospección y explotación (Zuckerman 2013, pp. 88—89).

Usualmente, en la industria de gas y petróleo, un empresario independiente comienza por ser un intermediario. Actúa como corredor de bienes raíces (landman), sin mucho capital inicial, colocándose en medio de los propietarios de la tierra y los interesados en prospectar el subsuelo. En esta etapa inicial, el “landman” gana comisiones y su actividad principal es llegar de primero a convencer al propietario del terreno que le ceda los derechos de perforación del subsuelo. Para lograrlo, le asegura al propietario de la tierra que puede venderla a un mejor precio a los explotadores de los yacimientos de hidrocarburos que supuestamente existen en el subsuelo.

A medida que estos empresarios independientes acumulan ganancias derivadas de tales comisiones, el siguiente paso consiste en adquirir ellos mismos los terrenos, con el propósito de venderlos cuando puedan conseguir un mejor precio. Convertirse en propietarios significa también que se vuelven sujetos de crédito aceptables para los bancos.

Pero, el propósito final no es acumular terrenos, lo cual es instrumental. La meta es ser ellos mismos quienes lleven a cabo la prospección de gas o petróleo en terrenos de su propiedad, convirtiéndose así en “wildcatters.” La cúspide del éxito para estos “wildcatters” consiste en convertirse en magnates, propietarios de empresas que llegan a ser hasta cotizadas en la bolsa de valores.

Estas distintas etapas son las que conforman el camino al éxito, pero en ese camino también se quedan varados muchos, porque las probabilidades de fracasar son mucho más elevadas que las de triunfar.

De allí que la historia puede contarse destacando el éxito de un puñado de empresarios ganadores, imaginativos y aventureros, porfiados y tenaces. Por ejemplo, la empresa Mitchell Energy, explotadora de gas natural en la formación Barnett de Tejas, fundada por George Mitchell, bautizado por *The Economist* como “el padre del fracking” (Schumpeter 2013). O bien la empresa Chesapeake Energy, fundada por Aubrey McClendon y Tom Ward, dos “wildcatters” nativos de Oklahoma, dedicados a adquirir terrenos y pozos de gas en casi cualquier parte del territorio de Estados Unidos. También la empresa Continental Resources fundada por Harold Hamm, la cual prospectó petróleo con éxito en la formación Bakken, la cual abarca los dos estados de Dakota Norte y Sur, así como Montana, incluyendo las provincias canadienses de Manitoba y Saskatchewan.

Estas son algunas de las empresas que tuvieron éxito en la utilización de las nuevas tecnologías. Quizás algún día las historias de Mitchell, Hamm, McClendon y Ward se convertirán en tramas de películas de Hollywood. Como sea, en la búsqueda de hidrocarburos no bastan las ambiciones, hace falta otro eslabón sobre el cual ni los tenaces empresarios, o nadie ejerce control alguno.

1.3. Los precios.

La característica principal de los precios de los hidrocarburos en la época contemporánea ha sido la volatilidad, desde alzas de \$147 dólares por barril de petróleo en julio de 2008, hasta colapsos de hasta \$10 dólares por barril en noviembre de 1985 (Yergin 2010).

Esta volatilidad ha sido el factor determinante en el florecimiento o la decadencia de numerosos productores individuales e independientes. Optimistas en el alza, se endeudan para aumentar la producción. Luego, en la bajada, ven caer las acciones de sus empresas, convirtiéndose en presa fácil de los más grandes, quienes a menudo adquieren las empresas independientes a precios de quemazón. En el caso extremo, los empresarios independientes terminan declarándose en bancarrota. Ante estos rigores del

mercado, que se manifiestan en las alzas y bajas de los precios, estas empresas parecen existir en un entorno casi darwiniano, en donde prevalecen los más fuertes.

Durante largo tiempo, los precios del gas natural, especialmente los del licuado, se fijaban en relación a los precios del petróleo crudo. Podía decirse que el gas natural era como un pariente pobre del petróleo. De hecho, aún no existe un mercado mundial al contado (spot) de gas natural, o sea un mercado global como el que existe para otras materias primas. Los precios del gas natural se fijan regionalmente en Europa o Asia, o nacionalmente en Estados Unidos.

Hasta hace poco, el precio del gas natural se calculaba en relación al precio del petróleo. Por ejemplo, durante algún tiempo la relación de precios entre el gas natural y el petróleo era de 1:7, el precio del barril de petróleo era 7 veces mayor que el precio equivalente del gas natural. Sin embargo, con el aumento espectacular de la producción de gas natural de esquistos en Estados Unidos y la consecuente caída del precio, esa relación se ha ampliado considerablemente a 1:20.

Antes del aumento en Estados Unidos de la producción de gas de esquistos, en 2008, los precios del gas natural estaban aumentando, llegaron a \$13.50 por mil pies cúbicos (mpc), lo cual generaba un poderoso estímulo para aumentar la producción. Un año después, en 2009, como resultado de aumentos significativos en la producción, el precio del gas natural en Estados Unidos descendió a entre \$3 y 4 dólares por mpc y se ha mantenido a ese nivel hasta ahora (Hefner 2014).

En contraste, el precio del petróleo se ha mantenido elevado, a pesar de aumentos igualmente espectaculares en la producción de lo que se llama “crudo compacto” (tight oil), debidos a la aplicación de los mismos métodos de prospección y explotación originados en el gas de esquistos (Yergin 2012, p. 263-265). Desde 2011 hasta 2014, el precio del petróleo se mantuvo en alrededor de \$100 por barril.

La aplicación de nuevas tecnologías de exploración y explotación han bajado los precios del gas natural a niveles que hacen menos rentables dichas actividades. Hasta hace poco, en opinión de un experto (Morse 2014), para que las inversiones en gas natural de esquistos sean rentables, los precios del gas natural en Estados Unidos deben superar \$4 por mpc. La expectativa es que el consecuente aumento de la demanda, estimulado por la caída del precio, empujará de nuevo los precios hacia arriba.

En teoría, estos prolongados períodos de disminución de los precios hubieran desestimulado las actividades productivas, haciéndolas menos rentables, de no haber

sido por el apoyo del gobierno, el último eslabón en la cadena productiva del gas no convencional.

1.4. El sector público.

A lo largo de esta prolongada trayectoria de la generación y aplicación de nuevas tecnologías, el gobierno de Estados Unidos ha participado en ellas apoyando decisivamente los esfuerzos privados (Schellenberger et al 2010).

El primer embargo petrolero de 1973 motivó la búsqueda de fuentes alternativas de energía, estimulada porque entonces la producción de gas y petróleo en Estados Unidos estaba disminuyendo. En 1976, uno de los esfuerzos en esta búsqueda de alternativas condujo a la creación del Proyecto de Gas de Esquistos del Este, por iniciativa del Centro de Investigación Energética de Morgantown, predecesor del actual Laboratorio Nacional de Tecnología Energética, del Departamento de Energía.

Este proyecto impulsó la colaboración público-privada del Departamento de Energía con empresas y universidades. El proyecto se formalizó, en 1979, mediante la aprobación del Plan de Comercialización para la Recuperación de Gas Natural Derivado de Fuentes No Convencionales. Uno de los propósitos del plan era llevar al mercado el gas de esquistos. El proyecto consistió en efectuar demostraciones en universidades y empresas localizadas en los estados de Pennsylvania y Virginia Occidental. Como lo describió el Vicepresidente de la empresa Mitchell Energy Dan Steward, el proyecto demostró que había “una cantidad enorme (a hell of a lot) de gas en los esquistos.” (Schellenberger et al 2010).

En ese mismo año, como se mencionó, dos ingenieros del Centro de Investigación de Morgantown patentaron una técnica de perforación direccional de esquistos. Este hallazgo sirvió de base para el desarrollo posterior de la perforación horizontal.

Además, como también se mencionó, los hallazgos sobre diseño y fabricación de taladros forrados de diamante, efectuados en el Laboratorio Nacional de Sandia, fueron originalmente destinados a la exploración de carbón. Posteriormente fueron utilizados con éxito en la prospección de gas y petróleo en roca sólida.

En 1980, el Congreso de Estados Unidos aprobó un apoyo más directo a la producción de gas natural no convencional. La Sección 29 de la Ley del Impuesto Sobre Ganancias Extraordinarias creó un subsidio de \$0.50 por cada mpc de gas natural producido de fuentes no convencionales. Este subsidio estuvo vigente durante 22 años, hasta que en el año 2002 la empresa Mitchell Energy comenzó a comercializar el gas producido en los

yacimientos de esquistos de la Formación Barnett, en Tejas. La producción de gas no convencional se cuadruplicó durante esos 22 años de vigencia del subsidio.

El Departamento de Energía también apoyó directamente los esfuerzos de la empresa Mitchell Energy, mediante un convenio suscrito, en 1991, conjuntamente con el Instituto de Investigación sobre Gas, entidad financiada con un impuesto sobre los embarques de gas transportados a través de gasoductos interestatales.

Asimismo, las tecnologías para captar imágenes micro sísmicas en el subsuelo fueron desarrolladas por el mismo Instituto de Investigación sobre Gas. Estas fueron otro aporte esencial otorgado por el sector público a la empresa Mitchell Energy, para perfeccionar sus actividades de fracturación hidráulica.

Finalmente, algunas restricciones ambientales fueron eliminadas por ley, exceptuando a la fracturación hidráulica de cumplir con los requerimientos de la Ley de Agua Potable Segura. Con base en un estudio llevado a cabo por la Agencia de Protección Ambiental, en 2004, se incluyó dicha excepción en la Ley de Política Energética, puesta en vigor por el Presidente G.W. Bush, en agosto de 2005.

A esta medida se le conoce como la “exención Halliburton” (Halliburton Loophole), porque fue impulsada por el entonces Vicepresidente Dick Cheney, quien antes fue ejecutivo máximo de la empresa Halliburton (Prud’homme 2014, pp. 65--66). Esta excepción le ha permitido a las empresas no revelar, por considerarlo secreto comercial, las sustancias químicas que le mezclan al agua que usan para fracturar hidráulicamente el subsuelo.

En resumen, los esfuerzos del gobierno fueron constantes y decisivos, abarcando desde la investigación y los subsidios, hasta el apoyo directo a los esfuerzos del sector privado, exceptuándolo de cumplir con requerimientos de protección del medio ambiente. Como lo describió Fred Julander, ejecutivo de la empresa Julander Energy, “el Departamento de Energía estaba allí con fondos para investigación cuando nadie estaba interesado y hoy todos estamos cosechando los beneficios” (Schellenberger et al 2010).

Aún no se han hecho evaluaciones para ponderar la influencia relativa de cada uno de los factores en el resultado. Por ende, baste consignar aquí que la descripción hecha de dichos factores no prejuzga sobre su influencia relativa. Ante la ausencia de estudios que cuantifiquen dicha influencia, aquí sólo se puede describir cada uno de ellos, con el propósito de resaltar que la conjunción de todos es la que permite una mejor apreciación del resultado.

2. Nuevo mapa energético.

Uno de los efectos que ha tenido la recuperación de la capacidad productiva de hidrocarburos en Estados Unidos ha consistido en modificar sustancialmente el mapa energético mundial.

Según la Agencia de Información Energética (AIE), del Departamento de Energía, en 2010, Estados Unidos con un poco menos de 5 por ciento de la población mundial consumió casi 19 por ciento del total de la energía producida en el planeta. En ese mismo año, China rebasó a Estados Unidos como el principal consumidor de energía. Con 20 por ciento de la población mundial, en 2010, China consumió un poco más de 20 por ciento del total de la producción mundial de energía (AIE 2013B).

Ambas sociedades juntas representan 40 por ciento del consumo energético mundial, por lo cual los cambios en la oferta o la demanda en cualquiera de ellas tienen un impacto significativo en el mapa energético mundial. Hasta ahora, los principales cambios recientes en la producción de hidrocarburos se han concentrado principalmente en Estados Unidos y en el Hemisferio Occidental. A continuación se describen algunos de esos cambios

2.1. La transformación.

A principios de este siglo surgió la preocupación que la producción mundial de petróleo había llegado a la cúspide, por lo cual en adelante dicha producción sólo podía declinar. El término utilizado en inglés para describir este malestar era “peak oil” (Yergin 2008, p. 771). Como consecuencia, lo que se vislumbraba era que el mundo iba a entrar en una época de escasez permanente de petróleo.

El aumento de la demanda de energía en China, espoleada por las espectaculares tasas de crecimiento de dos dígitos de esa economía, era uno de los factores que se invocaban para fundamentar esa preocupación por la supuesta escasez.

En el fondo, ese fantasma del agotamiento del petróleo, se basaba en una proyección de la experiencia de Estados Unidos, en donde la producción doméstica, en 1970, alcanzó el punto máximo de 9.6 millones de barriles por día (bpd). A partir de entonces, esta cifra comenzó a declinar sostenidamente, con el consecuente aumento de las importaciones, además del comienzo de preparativos para importar gas natural licuado, los cuales nunca llegaron a concretarse.

En la actualidad, el panorama ha cambiado profundamente. La Agencia de Información Energética del Departamento de Energía de Estados Unidos (AIE 2013) proyecta que, a fines de 2014, la producción doméstica de petróleo rebasará 8 millones de barriles diarios

(bpd), cifra que no se veía desde 1988. De esa manera, la producción doméstica ha superado la importación neta de petróleo, la cual se proyecta que en 2014 será de menos de 7 millones de bpd, cifra que no se veía desde 1995. Según la misma Agencia, este aumento se debe a los elevados niveles de producción alcanzados en la extracción de petróleo de esquistos y de otras rocas compactas primordialmente en los estados de Dakota del Norte y Tejas.

La transformación también se puede apreciar en lo que está sucediendo en el comercio exterior de hidrocarburos. (Morse 2014). En 2008, Estados Unidos era un importador neto de productos derivados del petróleo, con un balance comercial negativo en 2 millones de bpd. A fines de 2013, ese rubro generó un excedente de 2 millones de bpd, convirtiendo a Estados Unidos en un exportador neto de combustibles y otros productos derivados del petróleo. De continuar esta tendencia, a fines de 2014, Estados Unidos rebasó a Rusia como el primer exportador mundial de combustibles líquidos.

Hacia fines de 2020, la proyección es que el balance comercial negativo en petróleo de \$354,000 millones de 2011, se convertirá en \$5,000 millones de saldo positivo. Lo mismo se proyecta que sucederá en 2020 con el gas natural, cuando Estados Unidos se convertirá en exportador neto a niveles comparables a los de los grandes exportadores como Qatar y Rusia. El balance comercial negativo en gas natural de 2013, equivalente a \$8,000 millones, se convertirá en \$14,000 millones de saldo positivo en 2020.

Para apreciar mejor la magnitud y profundidad de esta transformación, conviene describir lo que ha tenido que hacerse para alcanzarla.

Por ejemplo, en Estados Unidos hasta ahora se ha perforado un promedio de 100 pozos diariamente. Hasta 2014, se perforaron 4 millones de pozos de gas y petróleo, en comparación con 1,5 millones perforados en el resto del mundo. Como lo ha descrito el fundador de GHK Companies Robert A. Hefner III, una empresa independiente de prospección de hidrocarburos, desde que comenzó el auge del gas de esquistos en Estados Unidos, hasta 2014, se perforaron horizontalmente 150,000 pozos, a un costo estimado en \$1 billón (millón de millones). Dichos pozos horizontales tienen una extensión promedio de entre 1,6 y 3,2 kilómetros, habiéndose efectuado en cada uno de ellos un promedio de 10 inyecciones de fracturación. Eso significa que a lo largo de los 240,000 kilómetros de yacimientos de esquistos explorados horizontalmente se han efectuado alrededor de 2 millones de fracturaciones (Hefner 2014)

Como lo plantea el Director de la Administración de Información Energética Adam Sieminski (2014), estas cifras representan sólo el comienzo de lo que puede significar

mundialmente la aplicación generalizada de estas tecnologías en otros países, donde existen mayores yacimientos de gas y de petróleo de esquistos.

Tabla 1. Diez países con las mayores reservas recuperables de hidrocarburos de esquistos (2014).

Petróleo de esquistos		Gas de esquistos	
<u>País</u>	<u>1,000 mb</u>	<u>País</u>	<u>trillón pies³</u>
Rusia	75	China	1,115
USA	58	Argentina	802
China	32	Argelia	707
Argentina	27	USA	665
Libia	26	Canadá	573
Venezuela	13	México	545
México	13	Australia	437
Pakistán	9	Sudáfrica	390
Canadá	9	Rusia	285
Indonesia	8	Brasil	245
Total Mundial	345	Total Mundial	7,299

Fuente: Sieminski 2014

A la par de la evidencia cuantitativa de este cambio en el mapa energético mundial, han aumentado las interpretaciones y especulaciones sobre sus consecuencias geopolíticas, sobre todo en algunos círculos diplomáticos.

Entre dichas interpretaciones destaca, por ejemplo, la que sostiene que Estados Unidos está a punto de alcanzar una situación utópica, caracterizada como de “independencia energética.” Luego están aquellos que sostienen que Estados Unidos dejará de depender del Medio Oriente, lo cual disminuirá las tensiones en esa parte del mundo, que por coincidencia o deliberación resulta ser la principal productora de petróleo, pero también es la región de mayor tensión del planeta.

Otros pronostican que el Medio Oriente se convertirá en el principal abastecedor de hidrocarburos de China, donde la demanda está creciendo. Especulándose que China

tendrá que responsabilizarse estratégicamente de los conflictos y de las vías marítimas de acceso al Medio Oriente.

Finalmente, a raíz de la situación en Ucrania, quizás la primera tensión geopolítica en donde figura protagónicamente el gas natural, hay quienes dicen que Estados Unidos, cuanto antes, debe exportar gas natural licuado a Europa. El objetivo es contribuir a que los europeos reduzcan la dependencia que tienen de las importaciones de Rusia, la cual abastece alrededor de un tercio de la demanda europea de gas natural (Krauss 2014).

Sin embargo, estas son meras especulaciones, que padecen del llamado “síndrome del gallo,” el cual cree que cantando antes amanecerá más temprano. Casi ninguna resalta que los proyectos energéticos son de larga maduración y que demandan cuantiosas inversiones. Tampoco enfatizan que hay en curso un intenso debate en Estados Unidos, entre gigantescos productores y consumidores, sobre las bondades y perjuicios de las exportaciones de gas y de petróleo, las cuales se encuentran estrictamente reguladas por el gobierno. Por último, se desprecia el hecho que la fracturación hidráulica y la perforación horizontal han generado reacciones defensivas y oposición entre organizaciones protectoras del medio ambiente, las cuales están comenzando a tener efectos dilatorios en la utilización de las nuevas tecnologías.

Lo cierto es que tendrá que transcurrir algún tiempo antes de que se aclaren las consecuencias económicas y geopolíticas que tendrá el hecho de que Estados Unidos se convierta en exportador neto de hidrocarburos. En todo caso, queda tiempo para ponderar dichas consecuencias.

2.2. La oposición.

Como es sabido, cualquier generación de energía tiene consecuencias ambientales. Desde la utilización de la madera como combustible, por su contribución a la deforestación y la contaminación del aire causante de enfermedades respiratorias, especialmente entre familias que habitan casas de una sola habitación.

Las organizaciones de la sociedad civil, defensoras del medio ambiente tardaron en responder a la intensificación del uso de las nuevas tecnologías. Sin embargo, lentamente ha ido creciendo la oposición, la cual a su vez ha motivado al sector público a incrementar la regulación de dichas actividades (Bloomberg y Krupp 2014).

Dos preocupaciones ambientales básicas han surgido a medida que se intensifica y extiende la utilización de las nuevas tecnologías. La primera tiene que ver con el agua que se utiliza y la segunda con las fugas de metano que ocurren en los equipos de

exploración, extracción y refinación, además del gas que se quemaba cuando es subproducto de la extracción de petróleo.

i) *Agua*

La demanda de agua que se utiliza en grandes cantidades en la fracturación hidráulica compite con usos alternativos como el potable o la agricultura. Esto es altamente controvertido, especialmente en aquellas regiones en donde hay sequía o escasez de agua, como en el estado de California.

El agua es inyectada a alta presión en los pozos de extracción de gas y petróleo, lo cual plantea el riesgo de que se desvíe hacia acuíferos y que los contamine. Este riesgo se deriva básicamente de la enorme presión con la cual se inyecta el agua en el pozo. Por ejemplo, en un caso observado en la Formación Bakken, en Dakota del Norte, la presión ejercida sobre la roca alcanzó entre 7,000 y 8,000 libras por pulgada cuadrada, la cual es mayor que la presión ejercida por 12,000 pies de agua sobre el piso del océano (Gold 2014B).

Hay también una preocupación sobre cómo disponer del agua utilizada en la fracturación. En algunos casos, por ejemplo, el agua utilizada se inyecta en pozos de mayor profundidad, destinados a almacenar el agua desechada. El riesgo consiste en que estos pozos más profundos pueden estar cerca de fallas geológicas cuya desestabilización puede producir sismos.

En abril pasado, por ejemplo, el Departamento de Recursos Naturales del estado de Ohio, suspendió las operaciones de fracturación en un área de la Formación Utica de esquistos, en un radio de cinco kilómetros en torno al epicentro de un conjunto de temblores que se sintieron en el noroeste del estado. Otras autoridades estatales, tales como las de Arkansas, Colorado, Illinois, Kansas, Oklahoma y Texas, en donde se han intensificado los sismos, están considerando regular las actividades de fracturación (Gilbert y Sider 2014).

En vista de que alrededor de la mitad del agua usada en una fracturación regresa a la superficie, también se ha propuesto que esa agua sea sometida a tratamiento para poderla utilizar en nuevas perforaciones. El agua que se inyecta en los pozos está mezclada con arena y sustancias químicas que las empresas de fracturación hasta ahora no han aceptado divulgar. Algunas empresas argumentan que las fórmulas de

componentes químicos que utilizan son secretos comerciales que no pueden darse a conocer.

No obstante, parece que esta postura está principiando a cambiar, por ejemplo, gracias a la presión de algunos accionistas de empresas como la Exxon Mobil, la cual en 2010 se convirtió en el mayor productor de gas de Estados Unidos mediante la adquisición de la empresa XTO productora de gas. Desde entonces, en cada asamblea de accionistas, alrededor de un tercio de ellos han presionado a la administración de Exxon Mobil para que divulgue la composición de las sustancias que utiliza en la fracturación hidráulica. Finalmente, en abril de este año, como resultado de negociaciones con accionistas y grupos ambientalistas, la administración de Exxon Mobil accedió a dar a conocer mayores detalles sobre sus actividades de fracturación hidráulica de gas y de petróleo (Gilbert 2014).

También en abril, la Agencia federal para la Protección del Ambiente reveló que estaba solicitando comentarios entre distintos interesados, sobre la posibilidad de establecer un sistema voluntario de divulgación del contenido químico de los fluidos utilizados en la fracturación hidráulica (Volcovici 2014). Cabe señalar que las actividades de fracturación no están sometidas a regulación federal, son las autoridades estatales las que regulan dichas actividades.

ii) *Metano*

Una de las justificaciones utilizadas para promover el consumo de gas natural es que se trata de un combustible menos contaminante, por ejemplo, que el carbón. Lo cual es verdad si se comparan las emisiones de dióxido de carbono emanadas de la utilización del carbón con las menores que genera quemar gas natural. Pero, si se considera que el gas natural es fundamentalmente metano, las fugas de éste último contribuyen también a la formación de gases de invernadero. Además, el metano que no es quemado es mucho más contaminante que el dióxido de carbono, además de ser una fuente de contaminación del aire en algunas concentraciones urbanas, como por ejemplo en Denver, Colorado (Krupp 2014).

Uno de las principales fuentes de fugas de metano se da en las instalaciones de explotación y en los gasoductos. Como ha dicho un experto, cerrar las fugas de metano en las instalaciones “es un asunto de plomería, no de termodinámica.” Lo que se necesita es encontrar las fugas y sellarlas. (Gold 2014A).

También, cuando la explotación de gas natural está asociada al petróleo, usualmente la solución más fácil es quemar las emisiones de gas en los pozos y refinerías. Por ejemplo, en la Formación Bakken de Dakota del Norte, donde se ha desarrollado la extracción de petróleo de esquistos, los pozos generalmente tienen penachos de llamaradas de gas, indicativos de que se está desperdiciando ese recurso. Este fenómeno tiene que ver con el hecho de que no se han desarrollado aún los gasoductos necesarios para transportar el gas hacia centros de consumo.

Eso sucede, por ejemplo, en la Formación Marcellus de esquistos, que va desde el estado de Nueva York, pasa por Pennsylvania y el este de Ohio y termina en Virginia Occidental, la cual contiene el yacimiento más grande de gas natural de Estados Unidos, estimado en 141 billones de pies cúbicos de gas recuperable. Los estados del noreste y del medio oeste que bordean la Formación Marcellus se encuentran en la región que tiene el invierno más severo, pero no han podido beneficiarse de la abundancia de gas por la falta de gasoductos. Por ende, en esos estados, los precios del combustible al público todavía son muy elevados (Sider 2014B).

Estos problemas ambientales derivados de la utilización de las nuevas tecnologías han contribuido a aumentar su rechazo entre el público. Dos encuestas efectuadas en marzo y septiembre de 2013 revelaron que ha aumentado el rechazo del público a la fracturación hidráulica. (Sider 2014A).

	<u>MARZO</u>	<u>2013 SEPTIEMBRE</u>
A favor	48%	44%
En contra	38%	49%

Este aumento de la oposición a las nuevas tecnologías se manifiesta también en la forma como han reaccionado algunas autoridades estatales, como entidades reguladoras, ante la ausencia de normas federales.

Por ejemplo, en 2010, el estado de Nueva York, donde comienzan los enormes yacimientos de gas natural de la Formación Marcellus, declaró una moratoria en la utilización de nuevas tecnologías. El estado de California ha aprobado reglas interinas sobre fracturación destinadas a garantizar la calidad de los pozos, especialmente del revestimiento de cemento que necesitan. También el estado de Colorado ha adoptado las primeras regulaciones en Estados Unidos sobre las emisiones de metano (Bloomberg y Krupp 2014), ante la intensificación del debate sobre el impacto ambiental de las nuevas tecnologías, se está tratando de construir un consenso entre los distintos intereses

involucrados. En 2013, por ejemplo, se creó el Centro para el Desarrollo Sostenible de Esquistos, con sede en Pittsburgh (Gold 2014A, Krupp 2014).

Este Centro es una entidad privada que agrupa a empresas de gas y de petróleo, organizaciones ambientales y fundaciones. Su propósito consiste en lograr que la explotación de esquistos sea segura y sostenible. La tarea principal del Centro es la elaboración de estándares certificables sobre el desempeño de las empresas (CDSE 2013). Entre los miembros fundadores del Centro se encuentran, entre otros, las empresas Chevron y Shell, el Fondo para la Defensa Ambiental, así como algunas fundaciones.

2.3. El desenlace.

La caída desde hace un año de los altos precios de los hidrocarburos ha comprobado la influencia de los precios como uno de los factores determinantes de la búsqueda y explotación de nuevas fuentes. El aumento de la producción de petróleo en Estados Unidos, sumado a la desaceleración de la economía de China, ha contribuido a la caída de los precios del crudo a niveles que no se veían desde la Gran Recesión de 2008 (Yergin 2015). Como se mencionó, juntas las economías de China y Estados Unidos consumen 40 por ciento de la energía producida en el planeta, por lo que cualquier acontecimiento del lado de la oferta o de la demanda en cualquiera de ellas, más aún en ambas, tiene consecuencias inmediatas en la economía global.

i) Petróleo

En abril de 2015, la producción de petróleo en Estados Unidos alcanzó una cúspide de 9.6 millones de barriles por día (bpd), el punto máximo que había alcanzado en 1970, antes de empezar a declinar hasta llegar a 5 millones de bpd en 2008. Según estimaciones de la Agencia de Información Energética (AIE) del Departamento de Energía, a partir de abril de 2015, la producción de petróleo en Estados Unidos comenzó a declinar. Por ejemplo, en septiembre de 2015, la producción de crudo disminuyó 120,000 bpd en comparación con agosto. La proyección es que dicha tasa declinante se mantendrá hasta 2016, con 9.2 millones de bpd producidos en 2015 y 8.9 millones de bpd en 2016 (AIE 2015).

Esta caída de la producción se debe a una reducción drástica del número de plataformas activas de extracción de petróleo, las cuales han disminuido 60 por ciento, desde la cúspide de 1,609 alcanzada en octubre de 2014. O sea, en un año han dejado de

funcionar casi un millar de dichas plataformas, las cuales pueden ser reactivadas cuando los precios del crudo hagan otra vez rentable su funcionamiento (Friedman 2015B).

A pesar de esta reducción de la producción estadounidense, siguen cayendo los precios de petróleo debido a la influencia de otros factores. Los otros grandes productores, como Arabia Saudita dentro de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), así como Rusia fuera de ella, han mantenido niveles de producción que siguen presionando los precios del crudo hacia abajo. Por ejemplo, la OPEP produjo 31.6 millones de bpd en agosto, por encima de la meta fijada de 30 millones de bpd. Por su parte Arabia Saudita, el miembro más influyente de la OPEP, mantiene la producción en 10.35 millones de bpd. Mientras en Rusia el gobierno anunció que la producción de crudo en septiembre de 2015 aumentó a 10.74 millones de bpd, nivel de producción que no se veía desde los días de la desaparecida Unión Soviética (Kantchev y Said 2015).

Tanto Arabia Saudita y la OPEP, así como Rusia, han decidido mantener esos elevados niveles de producción que empujan los precios del crudo hacia abajo, para preservar sus respectivas porciones del mercado y eliminar a los productores con costos de producción más elevados, tales como la producción derivada de esquistos que se ha desarrollado en Estados Unidos.

A estos factores que están deprimiendo los precios de los hidrocarburos hay que agregar la expectativa de que Irán, a raíz del reciente acuerdo sobre generación de energía nuclear, retorne vigorosamente al mercado de petróleo. En este caso la estimación es que la producción petrolera de Irán puede rápidamente recuperar el nivel de 3.7 millones de bpd alcanzado en 2011, año en que le fueron impuestas sanciones comerciales, las cuales deprimieron la producción a 2.7 millones de bpd en 2013 (Yep 2015).

En todo caso, la estimación de la Agencia Internacional de Energía (AIE) es que en el otoño de 2015, existían 2 millones de bpd de exceso de oferta que estaba presionando hacia abajo los precios del crudo. Las proyecciones son que los bajos precios del petróleo persistirán a los niveles actuales por lo menos hasta el final de 2016. El banco Goldman Sachs proyecta que los precios del crudo deben bajar por lo menos a \$20 por barril para que desaparezca el exceso de oferta que prevalece en el mercado (Friedman y Faucon 2015).

Los abultados inventarios que existen sustentan estas proyecciones pesimistas sobre los precios. Por ejemplo, en Estados Unidos, en abril de este año, los inventarios de crudo llegaron a 490 millones de bpd, el nivel más elevado de los últimos 80 años. Durante el verano, esos inventarios descendieron a 450 millones de barriles, pero la proyección es

que hacia fin de 2015 alcanzarán el nivel sin precedentes de 500 millones de barriles (Friedman 2015A).

ii) *Gas natural*

La otra fuente no renovable cuyos precios han experimentado una caída espectacular, debido a la aplicación de nuevas tecnologías de exploración y explotación especialmente en Estados Unidos, es el gas natural. Cuando principiaron a sentirse los efectos de la aplicación de las nuevas tecnologías en 2009, los precios del gas natural en Estados Unidos entre 2007 y 2008 habían llegado a \$13 por millón de unidades térmicas británicas (British Thermal Units, BTUs en inglés). En 2009, los precios del gas natural en Estados Unidos descendieron a \$4 por millón de BTUs y en la primavera de 2015 han oscilado entre \$2.50 y \$3.00 por millón de BTUs (Gold 2015).

Esta caída espectacular de los precios ha tenido consecuencias positivas para los consumidores individuales, por tratarse del combustible más utilizado para calentar los hogares durante el invierno. Pero de mayor trascendencia ha sido el hecho que a tales precios el gas natural se está utilizando en la generación de energía eléctrica, sustituyendo al carbón, una fuente comparativamente más costosa y menos limpia.

CONCLUSIONES

Durante la década pasada, el consumo de gas natural en Estados Unidos ha aumentado a una tasa anual de 2.4 por ciento, mientras que la demanda de carbón ha disminuido 2.7 por ciento. Al punto que actualmente en Estados Unidos, cerca de 30 por ciento de la generación eléctrica y la mitad de la calefacción de los hogares utilizan gas natural. En 2007, casi la mitad de la generación eléctrica utilizaba carbón, en 2014 esa proporción descendió a 39 por ciento. Entretanto, en 2007, 21 por ciento de la electricidad era producida con gas natural, proporción que en 2014 aumentó a 26 por ciento (Harder 2015).

Las proyecciones de la oferta, la demanda y los precios del gas natural en Estados Unidos se basaban en la disponibilidad del yacimiento más grande ubicado en la Formación Marcellus del noreste del país. De hecho la magnitud de este yacimiento condujo a proyectar que los precios del gas natural persistirían bajos por un período prolongado.

Ahora, a estas proyecciones ha venido a sumarse el hecho que la utilización de las tecnologías de fracturación hidráulica ha activado un nuevo sector, conocido como la

Formación Haynesville, localizada en la frontera de los estados de Luisiana y Tejas, con una extensión de casi 200 kilómetros. En 2007, en esa región resultaba rentable la utilización de nuevas tecnologías cuando los precios del gas estaban a \$13 por millón de BTUs. Ahora, el perfeccionamiento y mayor eficiencia de las nuevas tecnologías hacen rentable la explotación de los yacimientos de gas en la Formación Haynesville a partir de los precios actuales de \$2.50 por millón de BTUs. Este yacimiento tiene además ventajas geográficas por estar localizado cerca de la región del Golfo de México, donde se localiza una red amplia de gasoductos, así como capacidad instalada de refinación y exportación, junto a grandes consumidores industriales (Gold 2015).

Con base en la disponibilidad de estos enormes yacimientos, ubicados en esas y en otras formaciones, la proyección es que en Estados Unidos los precios del gas natural se mantendrán bajos por lo menos durante los próximos veinte años.

Esta abundancia de petróleo y gas natural de esquistos ha generado un debate en Estados Unidos sobre la conveniencia de levantar la prohibición de exportar hidrocarburos sin refinar, impuesta durante el primer embargo petrolero de 1973. En este debate están involucrados por una parte los grandes consumidores, sobre todo los industriales y las plantas generadoras de electricidad, quienes se oponen a que se autoricen las exportaciones porque temen que eso aumentará los precios en el mercado doméstico. Por otra parte, en favor de levantar la prohibición de exportar hidrocarburos sin refinar se encuentran los productores quienes, ante la caída del precio doméstico, tienen interés en buscar mercados alternativos donde les paguen mejores precios por el producto (Harder y Berthelsen 2015).

Sin embargo, indistintamente de la forma como se resuelva este debate, existe una excepción a la prohibición de exportar hidrocarburos sin refinar, prevista en la legislación doméstica estadounidense, para aquellos gobiernos que tengan vigentes tratados de libre comercio con Estados Unidos (Viscidi et al 2015). Así está previsto en la Sección 3 de la Ley de Gas Natural de 1938, enmendada por la Sección 201 de la Ley 102-486 sobre Política Energética de 1992.

Como es sabido, Centroamérica y la República Dominicana, Chile, Colombia, México, Panamá y Perú tienen vigentes tratados de libre comercio con Estados Unidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de Información Energética (AIE) 2013A. "U.S. crude oil production on track to surpass imports for first time since 1995" **Short Term Energy Outlook (STEO)**, marzo.

AIE 2013B. "World Primary Total Energy Consumption by Regions" **International Energy Outlook 2013**. 25 de julio. Informe # DOE/EIA 0484 (2013).

AIE 2015. "Short Term Energy and Winter Fuels Outlook" (**STEO**) 6 de octubre.

Bloomberg, M. y Krupp, F. 2014. "The Right Way To Develop Shale Gas," **New York Times**, 30 de abril.

Centro para el Desarrollo Sostenible de Esquistos (CDSE) 2013, **Fact Sheet on Producer Performance Standards**, marzo. <http://037186e.netsolhost.com/site/wp-content/uploads/2013/03/Performance-Standards-Fact-Sheet-FINAL-3-20-13-GPX.pdf>

Departamento de Energía 2010. **A History of Geothermal Energy Research and Development in the United States. Drilling 1976-2006**. Energy Efficiency & Renewable Energy, Geothermal Technologies Program.

Environmental Engineering and Contracting Inc. 2010. **A Brief History of Hydraulic Fracturing**. Los Angeles: EEC Inc.

Friedman, N. 2015A. "Oil Drops as Whipsaw Trading Continues" **Wall Street Journal**, 2 de septiembre.

Friedman, N. 2015B. "Drop in Drilling Lifts Oil Prices" **Wall Street Journal**, 26—27 de septiembre.

Friedman, N. y Faucon, B. 2015. "A New Worst Case for Oil" **Wall Street Journal**, 12-13 de septiembre.

Gilbert, D. 2014. "Exxon to Detail Fracking Risks" **Wall Street Journal**, 4 de abril.

Gilbert D. y Sider A. 2014. "Ohio Limits Fracking After Series of Quakes" **Wall Street Journal** 12-13 de abril.

Gold, R. 2014A. "The Smart Way to Do Fracking" **Wall Street Journal**, 5-6 de abril.

Gold, R. 2014B. "A Look Inside America's Frack-Fueled Energy Boom" **Wall Street Journal**, 8 de abril. Extracto del libro del autor **The Boom**, Simon & Schuster, 2014.

Gold, R. 2015. "Modern Gas Drilling Is Likely to Ensure Low Prices for Years" **Wall Street Journal**, 2 de septiembre.

Harder, A. 2015. "Gas and Coal Trade Hot Words in U.S." **Wall Street Journal**, 24 de abril.

Harder, A. y Berthelsen, C. 2015. "Study Finds Benefits in Allowing Oil Exports" **Wall Street Journal**, 2 de septiembre.

Hefner, R. 2014. "The United States of Gas" **Foreign Affairs**, mayo/junio, pp. 9-14.
Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) 2015. "En 2015: 97% de la matriz eléctrica será de fuentes limpias" San José: Comunicado de Prensa, 17 de abril.

Kantchev, G. y Said, S. 2015. "Russia, Saudis Pump It Up" **Wall Street Journal**, 3-4 de octubre.

Krauss, C. 2014. "U.S. Gas Tantalizes Europe, but It's Not a Quick Fix" **New York Times**, 8 de abril.

Krupp, F. "Don't Just Drill Baby—Drill Carefully" **Foreign Affairs**, mayo/junio, pp. 15-20.

Morse, E. 2014. "Welcome to the Revolution" **Foreign Affairs** mayo/junio, pp. 3-7.

Prud'homme, A. 2014. **Hydrofracking**. New York, Oxford.

Schumpeter. 2013. "The father of fracking" **The Economist**, 3 de agosto.

Shellenberger, M. Nordhaus, T. Trembath, A. y Jenkins, J. 2010. **Where the Shale Gas Revolution Came From**. Breakthrough Institute Energy & Climate Program, mayo.

Shortell, S. Baragwanath, K. Sucre, C. 2014. **Natural Gas in Central America**, Washington DC: Inter-American Dialogue, Energy Policy Group Working Paper, marzo.

Sider, A. 2014A. "Firms Seek to Address Facking Concerns" **Wall Street Journal**. 19 de mayo.

Sider, A. 2014B. "Gas Supplies Fail to Reach Customers" **Wall Street Journal**, 28 de abril.

Sieminski, A. 2014. **Outlook for U.S. shale oil and gas**. Power Point, <http://037186e.netsolhost.com/site/wp-content/uploads/2013/03/Performance-Standards-Fact-Sheet-FINAL-3-20-13-GPX.pdf> Agencia de Información Energética y Fondo Monetario Internacional, 27 de marzo.

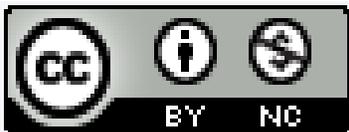
Viscidi, L. Sucre, C. Karst, S. 2015. **Natural Gas Market Outlook: How Latin America and the Caribbean Can Benefit from the US Shale Boom**. Washington DC: Inter-American Dialogue, Energy Working Paper, septiembre.

Volcovici, V. 2014. "U.S. may increase fracking regulations" **Washington Post**, 10 de mayo.

Yep, E. 2015. "Iran's Oil Return to Be Tough" **Wall Street Journal**, 18-19 de julio.

- Yergin, D. 2008. *The Prize*. New York, Free Press.
- Yergin, D. 2010. "The New Prize in World Oil" *Wall Street Journal*, 9 de marzo.
- Yergin, D. 2012. *The Quest*. New York, Penguin.
- Yergin, D. 2015. "What's Giving the World Oil Market the Jitters" *Wall Street Journal*, 11-12 de julio.
- Zuckerman, G. 2013. *The Frackers*. New York: Portfolio-Penguin.

Licencia Creative Commons



Revista Científica ECOCIENCIA está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).