



Dr. Manuel Peinado Lorca

Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Granada. Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid.

En la Universidad de Alcalá ha sido Secretario General, Secretario del Consejo Social, Vicerrector de Investigación y Director del Departamento de Biología Vegetal. Es también Director de la Cátedra de Medio Ambiente de la Fundación General de la Universidad de Alcalá. Es especialista en el estudio de la vegetación del oeste de Norteamérica, donde ha llevado a cabo su investigación en 1989, cuyos resultados han sido publicados en una cincuentena de artículos científicos.

Catedrático de la Universidad de Alcalá



“¡PERFORA, SARAH, PERFORA!”

Manuel Peinado Lorca

La situación energética de Estados Unidos pintaba muy mal cuando transcurría la primera década del actual milenio. Durante las tres últimas décadas la producción de energía procedente de todas las fuentes se había incrementado en un 16% mientras que el consumo lo había hecho en un 29% (Figura 1). Como consecuencia, el 20% del consumo energético estadounidense tuvo que importarse en 2011 mientras que en 1981 había sido solamente el 11%. Más del 86% del consumo energético procedió de combustibles fósiles frente al 8,3% (nuclear), 3,3% (hidroeléctrico) y 2% (renovables).

Así las cosas, no debe sorprender que en las elecciones presidenciales de 2008 los militantes republicanos aclamaran a la candidata Sarah Palin con el grito de “¡Perfora, Sarah, perfora!”, animando a la exgobernadora de Alaska a que se explotaran los recursos petrolíferos de las tierras vírgenes del Ártico norteamericano.

1 Una revolución en ciernes

La producción petrolífera estadounidense había aumentado rápidamente a raíz de la Segunda Guerra Mundial para alcanzar su punto máximo en 1970, cuando de las bocas de los pozos manaban cada día 9,6 millones de barriles. En 1949, en plena orgía del consumo energético, cuando Estados Unidos era el mayor productor de petróleo del mundo, un geofísico que trabajaba para Shell, Marion King Hubbert, había anunciado que la producción estadounidense iba a entrar en declive a partir de 1975.¹ Con la precisión de un reloj suizo, el llamado *peak oil*, el declive productivo pronosticado por aquel aguafiestas, se había cumplido y el país tenía que importar: en 2011 la producción diaria había caído hasta 5,9 millones².

¹ Hubbert, M. K. “Energy from Fossil Fuels”. *Science*, 109. (1949): 103-110. Print.

² Peinado, M. *El fracking ¡Vaya timo!* Laetoli, (2014): 178. Print.



Eso significaba que la producción en 2012 había caído 31 puntos porcentuales con respecto a 1985 y una reducción del 61% si la referencia eran los días de vino y rosas de los 70 cuando se alcanzó el récord histórico de la producción doméstica. Además, la situación había empeorado porque los pozos eran cada vez menos productivos. Cuando la producción estaba en su punto álgido en 1970, Estados Unidos tenía 531.000 pozos operativos cada uno de los cuales producía una media de 18 barriles diarios. Cuarenta años después, el país tenía aproximadamente el mismo número de pozos operativos (530.000) pero la productividad media había caído a 10,4 barriles diarios. Era el vivo retrato de la Ley de los Rendimientos Decrecientes: la productividad media por pozo había caído en el 44% en las últimas cuatro décadas (Figura 2).

Para complicar aún más las cosas, el desequilibrio entre producción y consumo observado en los últimos treinta años había alcanzado diferencias históricas, 39 puntos, porque la producción del petróleo había disminuido el 26% en las últimas tres décadas mientras que el consumo se había incrementado un 13% (Figura 1) y el 42% del consumo de petróleo en 2012 procedía de importaciones.

2 Carpe diem

A sí estaban las cosas en 2007, con el barril de petróleo en máximos históricos (cien dólares, el récord hasta entonces) y en pleno *peak oil*, cuando la industria petrolera estadounidense echó las campanas al vuelo y anunció que los tiempos habían cambiado: las compañías energéticas habían encontrado la forma de extraer hidrocarburos no ya debajo de las piedras, sino dentro de las piedras y en unas cantidades tan extraordinarias que el problema del petróleo había dejado de existir. El mensaje volvió a ser el de los viejos buenos tiempos de la década de los 50: “Quemad, chicos, quemad”. *Carpe diem*.

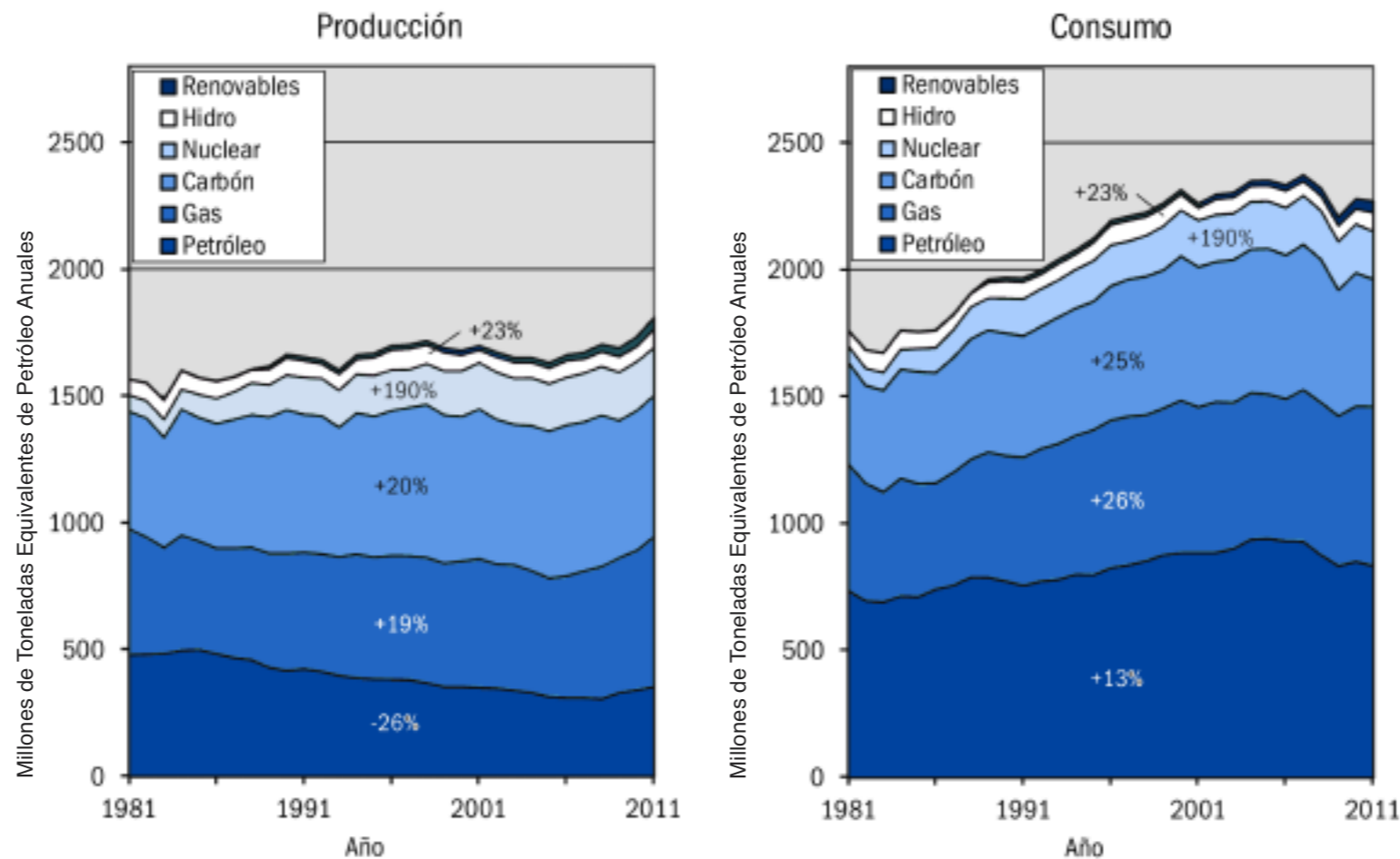


Figura 1: Producción y consumo de energía por combustible en Estados Unidos entre 1981 y 2011³.

Cuando la producción estaba en su punto álgido en 1970, EE.UU. tenía 531.000 pozos operativos cada uno de los cuales producía una media de 18 barriles diarios

La *shale revolution*, la extracción de gas y petróleo de yacimientos inaccesibles hasta ese momento fue saludada como “el nuevo tesoro nacional”, “Eldorado en forma de gas” o “el nuevo maná”, y proclamada la herramienta clave para un cambio de paradigma energético. Un lema, “la independencia energética”, se adueñó del país más adicto al petróleo del mundo. La disminución de la producción de gas y petróleo

convencionales se compensaría con la explotación de unas rocas, las *shales*, mediante una tecnología innovadora, el *fracking*.

Apareció triunfalmente en escena un personaje del que nadie había oído hablar, el *shale gas*, que se anunció como un combustible de transición hacia la *low-carbon economy*, esto es hacia un desarrollo bajo en emisiones de CO², acompañado de otro actor secundario, un petróleo no convencional, el *tight oil*. Ambos iban a ser capaces de devolver a los Estados Unidos su papel como mayor productor de petróleo del mundo, lo que, además, eliminaría la necesidad de las importaciones extranjeras.

³ Hughes, J. D. “Perfora, chico, Perfora. ¿Pueden los combustibles no convencionales introducirnos en nueva era de abundancia energética?”. *Post Carbon Institute*. Web. 2014: 12. Último acceso: 30 de noviembre de 2014.

3 Lutitas al salón

Como ha ocurrido con tantos otros términos anglosajones (*footing, trekking* o *jogging*), la palabra *fracking* se incorporó rápidamente al lenguaje común, entre otras cosas porque su alternativa en español era complicada: fractura hidráulica o hidrofractura. Los medios españoles agregaron a su vocabulario esa palabra, siempre entrecomillada, como mandan los libros de estilo, junto con unos nuevos vocablos *shale oil* y *shale gas*, importados directamente de la jerga petrolera estadounidense. Estaba claro que se hablaba de petróleo (*oil*) y de gas, pero qué diantres será eso del *shale*, debió de preguntarse alguien preocupado por el correcto uso del idioma. Acudió al diccionario, a cualquier diccionario convencional, y allí estaba la traducción. *Shale* se traducía como esquisto. Ergo, se trataba de “petróleo de esquistos” y de “gas de esquistos”.

Pues no, no se trata de esquistos, sino de lutitas, unas rocas muy porosas pero poco permeables, lo que quiere decir que sus poros tienen capacidad de almacenar hidrocarburos, pero, al no existir conexión entre los poros, los hidrocarburos permanecen estancados sin que fluyan hacia la superficie como ocurre con los depósitos convencionales de petróleo o gas. Lo explicaré de otra forma. Imagínense un edificio de apartamentos. Cada uno de esos apartamentos es un poro que contiene un fluido. Si las puertas y las ventanas de esos apartamentos son estancas, el edificio tendrá un elevado contenido en fluidos pero estos serán inaccesibles al exterior. Estaríamos hablando de una rocosa porosa (los apartamentos) pero impermeable (puertas y ventanas estancas). Por el contrario, si los apartamentos tienen las puertas y a las ventanas abiertas, su contenido fluirá fácilmente al exterior. Es lo que sucede con las rocas rocosas y permeables que durante más de 150 años han

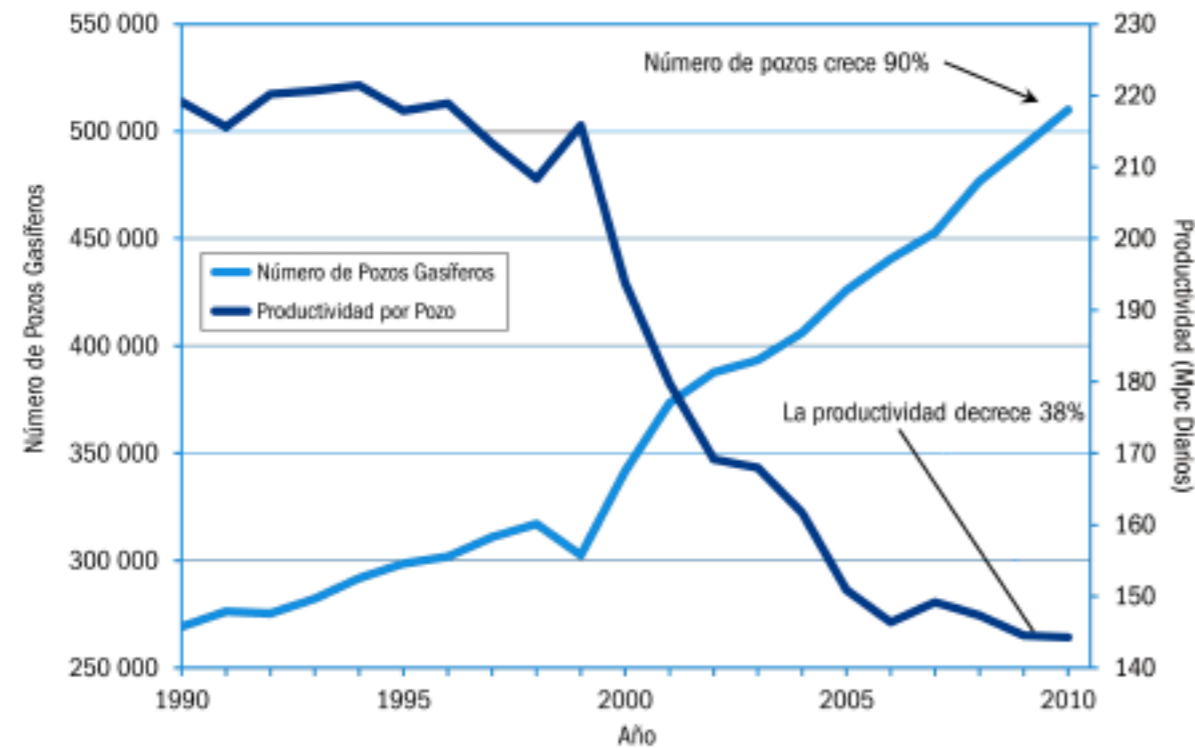


Figura 2: Pozos operativos y productividad por pozo en Estados Unidos entre 1970 y 2010⁴.

El afloramiento de los hidrocarburos a ras de suelo es un fenómeno bien conocido desde la antigüedad

estado y están suministrándonos petróleo y gas. Basta perforarlas para que, al disminuir la presión que los mantiene cautivos, los hidrocarburos fluyan al exterior a través de los pozos.

Como la presión a la que se han formado durante millones de años es muy superior a la exterior, los hidrocarburos tienden a ascender hacia la superficie. El afloramiento de los hidrocarburos a ras de suelo es un fenómeno bien conocido desde la antigüedad. Para que tal cosa no ocurra y pueda formarse un verdadero

yacimiento petrolífero o gasístico, es necesario que la migración hacia superficie se detenga por la presencia de rocas impermeables que impidan la migración. Muy gráficamente, tales rocas se conocen en términos geológicos como rocas “sello” o rocas “tapadera”, y son el elemento fundamental en las llamadas “trampas de hidrocarburos”.

Millones de pozos de petróleo o de gas perforados en los últimos 150 años han penetrado a través de capas sustanciales de lutitas impermeables antes de alcanzar los estratos ricos en hidrocarburos que eran su objetivo. Y atravesaban las capas de lutitas porque esas rocas sedimentarias de permeabilidad extremadamente baja son una barrera natural para la migración del petróleo y el gas, por lo que servían como rocas tapadera en los yacimientos convencionales. En las lutitas

⁴ Hughes, J. D. “Perfora, chico, Perfora. ¿pueden los combustibles no convencionales introducirnos en nueva era de abundancia energética?” *Post Carbon Institute*. Web. 2014: 17. Último acceso: 30 de noviembre de 2014

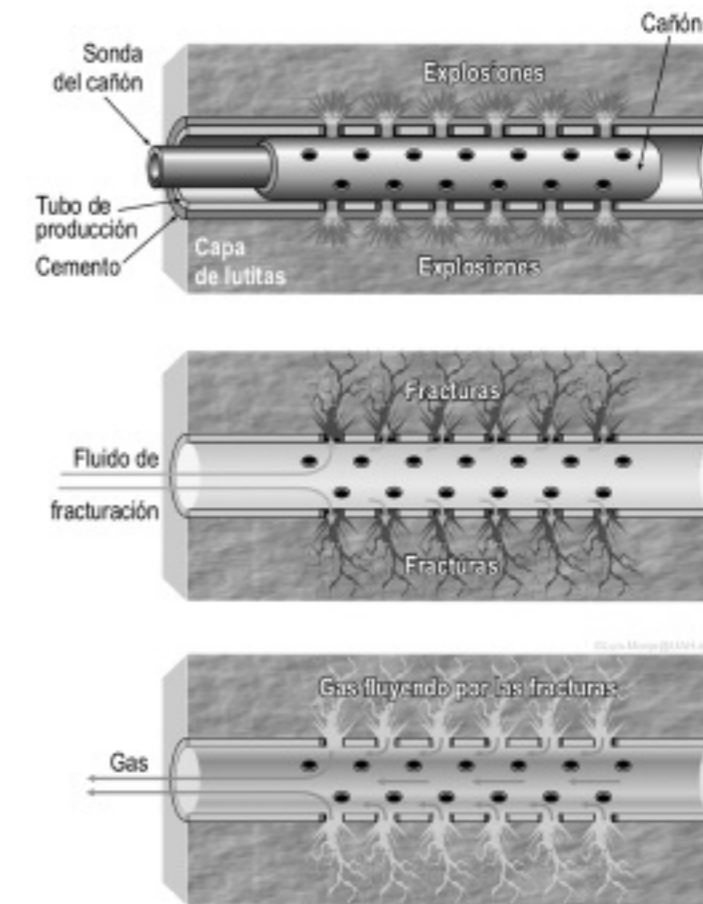


Figura 3: Esquema del funcionamiento del cañón de fracturación introducido por un tubo de perforación de *fracking*⁵. Una vez alcanzada la capa deseada se introduce por el tubo de producción una sonda en cuyo extremo avanza un cañón para crear grietas mediante cargas explosivas que atraviesan el tubo de revestimiento de producción.

gasíferas el gas es generado localmente y la lutita actúa a la vez como roca generadora (roca madre) y como yacimiento (roca almacén). Otro tanto puede decirse de las más escasas lutitas petrolíferas. Esa es la gran diferencia con los yacimientos convencionales, en los que el hidrocarburo migra desde su roca generadora hacia una arenisca o carbonato donde se acumula en una trampa estructural o estratigráfica.

4 Descripción técnica del fracking

Los tecnologías -la perforación horizontal acoplada con la fracturación hidráulica múltiple a gran escala (*fracking*)- han hecho posible la extracción de hidrocarburos atrapados en las rocas que caracterizan a los yacimientos no convencionales en los que el hidrocarburo está

contenido en estratos de rocas de permeabilidad extraordinariamente baja. La fractura hidráulica es una técnica de estimulación de pozos que consiste en inyectar a alta presión un líquido (cuya base es el agua, pero que contiene además otros aditivos químicos) junto con un agente apuntalante o de sostén que suele ser arena, para que uno, el líquido a presión amplíe las fracturas provocadas por explosiones subterráneas (Figura 3) y para que el otro, el agente de sostén, al formar micropilares, impida que las grietas se cierren para que los hidrocarburos fluyan hacia el pozo.

⁵ Próxima publicación: Peinado, M. *Fracking: el espectro que sobrevuela Europa*, 2015.



Permítanme hacer una descripción más gráfica y más sencilla y, por tanto, necesariamente reduccionista, de la técnica. Supongan que el estrato de lutitas rico en hidrocarburos es un bloque prismático (un ladrillo o, mejor, un bloque de mantequilla) que está enterrado pongamos que a unos cuatro kilómetros de profundidad, sepultado bajo otros estratos rocosos (y por algún que otro acuífero) que el tubo de perforación tiene que atravesar antes de alcanzar el objetivo de explotación: las lutitas. Los operadores levantan en superficie la infraestructura del pozo –la plataforma- y comienzan a perforar verticalmente, como en una explotación convencional.

En 2004, menos del 10% de los pozos estadounidenses eran horizontales; hoy en día, la cifra asciende al 61%

Cuando se encuentran a la profundidad adecuada, es decir, en el margen del bloque de mantequilla, el tubo perforador traza un codo y, avanzando horizontalmente, penetra dos o tres kilómetros en el bloque. Una vez dentro, se provocan explosiones que, junto con la inyección de agua, arenas y aditivos a presiones enormes, inducen la formación de fracturas o ensanchan y extienden las ya existentes en el bloque (Figura 4). La grasa del bloque de mantequilla comienza a exudar y el fluido, sea petróleo o sea gas, fluye hacia el interior del tubo de producción. Como en el interior del tubo la presión es menor que en el interior de la roca, el hidrocarburo tiende a salir hasta la superficie. La operación se repite con cientos de pozos (cada uno de los cuales cuesta una media de cinco millones de euros) hasta que el bloque deja de exudar, lo que normalmente ocurre pasados unos siete años, en el transcurso de los cuales se repite hasta tres veces el proceso de fractura.

La fractura hidráulica inducida tal y como la entendemos hoy día, es decir, la propagación de fracturas en un estrato rocoso mediante la inyección de fluidos presurizados, es el resultado de innovaciones tecnológicas que comenzaron a finales del siglo pasado gracias sobre todo a las investigaciones operativas de George Mitchell, fundador de la compañía Mitchell Energy & Development, en el yacimiento Barnett Shale, Tejas, que fue la primera explotación comercial registrada en 1991.

Lo que consiguió Mitchell fue el prototipo de lo que hoy se ha generalizado: logró llegar verticalmente hasta aproximadamente un kilómetro de profundidad, después el pozo se dirigió horizontalmente otro kilómetro penetrando dentro de una capa de lutitas de petróleo. Mitchell mataba así dos pájaros de un tiro. Por un lado conseguía un contacto mayor entre el pozo y el estrato de petróleo o gas y, por otro, podía perforar por debajo de áreas urbanizadas, lo que no era una cuestión baladí, habida cuenta de que el yacimiento Barnett Shale se extendía considerablemente por debajo de la enorme área urbana de Fort Worth. De hecho, los aviones que operan cada día en el aeropuerto internacional Dallas-Forth Worth lo hacen directamente encima de centenares de pozos de *fracking*.

La técnica actual de *fracking*, que usa presiones mucho mayores que sus predecesoras, se usó por primera vez en 1999, también en Barnett Shale, y con ella se lograron movilizar reservas de gas hasta entonces inaccesibles. Durante los años que siguieron a la patente de Mitchell, las compañías petroleras se dedicaron a añadir más y más aditivos para mejorar la extracción, lo que incluyó el uso de arenas pero también de una prolija lista de productos químicos muchos de ellos tóxicos, con los que elaboraban unas fórmulas que los operadores mantienen cuidadosamente en secreto amparados en las modificaciones a la Ley Federal de Protección de Aguas Potables de 1974 introducidas en la Ley de Política Energética de 2005, que eximía a los operadores de la

Esquema de funcionamiento del proceso de *fracking* en un solo pozo

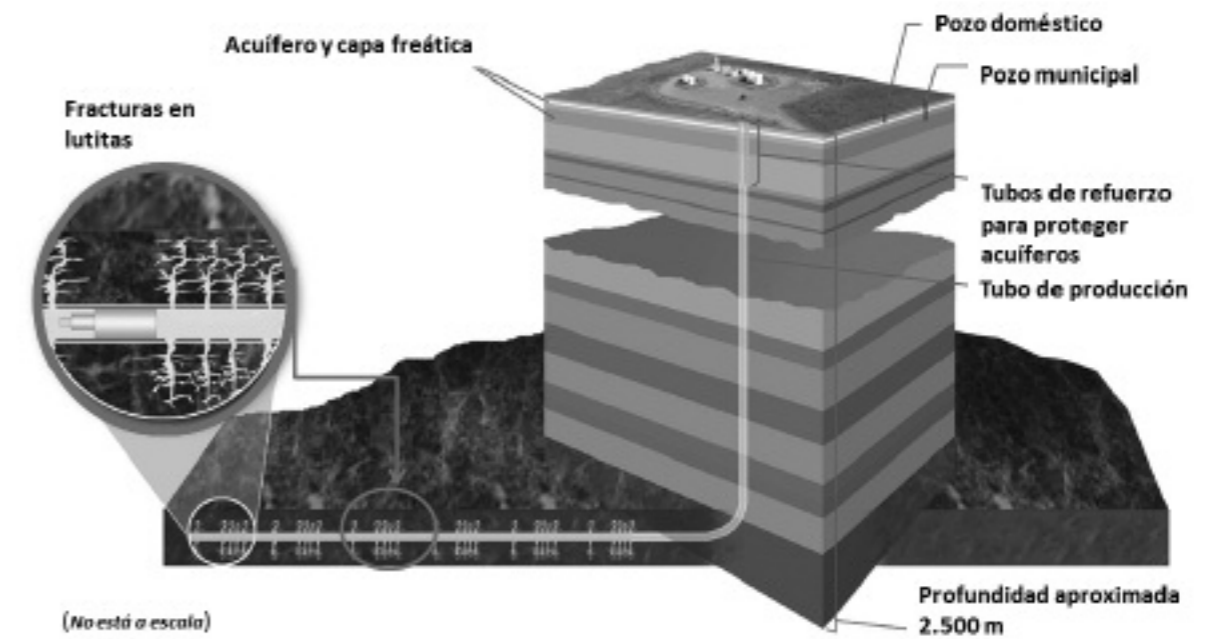


Figura 4: Esquema básico de funcionamiento del *fracking*⁶.

obligación (vigente hasta ese año) de registrar la composición química de cualquier producto que pudiera llegar hasta los recursos hídricos. El impulsor de esa modificación legal fue el vicepresidente Dick Cheney y el artículo que impone la exención se conoce como “la gatera de Halliburton”, la compañía estrechamente vinculada a Cheney, una operadora petrolífera que obtuvo sustanciales beneficios de la modificación legal⁷.

Fue el comienzo de “la revolución de las lutitas”, una carrera que se aceleró en la primera década de este siglo, cuyas principales innovaciones fueron las plataformas multipozos de 2007 que permitieron agrupar hasta dieciséis pozos en una misma plataforma de explotación, lo que permitía a los operadores concentrar maquinaria y materiales en un solo lugar para reducir costes y acelerar la extracción de los pozos.

La producción de gas de lutitas a gran escala se inició en la formación Barnett Shale hace una década y se extendió rápidamente a otras zonas. En 2004, menos del 10% de los pozos estadounidenses eran horizontales; hoy en día, la cifra asciende al 61%. El gas de lutitas ha pasado de representar alrededor del 2% de la producción de gas de Estados Unidos en 2000 a casi el 40% en 2012, mientras que la producción total de gas del país creció un 25% durante el mismo período⁸. La producción está estabilizada desde principios de 2012 después de haber tenido un periodo de crecimiento sostenido, una estabilización que puede, tenga mucho que ver con el pinchazo de una burbuja financiera y de precios que el lector interesado puede consultar en mi artículo “La burbuja del *fracking*”⁹.

En 2008 se habían hecho más de cincuenta mil fracturas en todo el mundo a un coste de entre diez mil y seis millones de dólares. La diferencia de costes obedece a que las

⁶ Próxima publicación: Peinado, M. *Fracking: el espectro que sobrevuela Europa*, 2015.

⁷ Wilson, W. Safe Drinking Water Act & The ‘Halliburton Loophole’. Timeline of Events: 1974–2010. Clear Water. Web. 2010. Último acceso: 30 de noviembre de 2013.

⁸ Próxima publicación: Peinado, M. *Fracking: el espectro que sobrevuela Europa*, 2015.

⁹ Peinado, M. “La burbuja del *fracking*”. *Ecologista*, nº82. Otoño, 2014. Print.



perforaciones horizontales desarrolladas en los últimos años consumen muchos más recursos y resultan extraordinariamente más costosas que las perforaciones verticales. Comparemos un solo dato. Cuando comenzaron las explotaciones de *fracking* vertical, el tratamiento promedio de una fractura consistía en aproximadamente tres mil litros de líquido y doscientos kilos de arena. Los tratamientos actuales promedian aproximadamente doscientos cincuenta mil litros de líquido y cincuenta mil kilos de agente de apuntalamiento, aunque los mayores tratamientos superan los cuatro millones de litros y las dos mil toneladas de agentes de apuntalamiento.

En Dakota del Norte, los operadores deben perforar anualmente 699 pozos a un precio medio de 10 millones de dólares por pozo

Para abordar los problemas ambientales asociados al *fracking* conviene tener muy presentes tres características asociadas a la producción. La producción inicial de los pozos es explosiva y el hidrocarburo surge a raudales. Piense en una botella de cava agitada; el líquido sale rápidamente a borbotones pero si se deja que la botella repose sobre la mesa, pronto dejará de fluir y, si no se la inclina, el líquido no manará. Tal es el comportamiento de los pozos de *fracking*: una productividad inicial desmesurada seguida de un declive rápido (en 24 meses la producción decae un 90%) y un rendimiento final de tan solo el 6,5% con respecto al volumen almacenado, lo que contrasta con el rendimiento cercano al 70% de los pozos convencionales¹⁰. Por lo tanto, para mantener la producción global estabilizada, los operadores están obligados a perforar continuamente. Por citar un solo ejemplo, en el

campo petrolífero más famoso estos días, Bakken, en Dakota del Norte, los operadores deben perforar anualmente 699 pozos a un precio medio de 10 millones de dólares por pozo, lo que significa una inversión de casi 7.000 millones de dólares anuales solo para mantener estabilizada la producción.

5 Problemas ambientales y globales

Por su propia naturaleza, la práctica del *fracking* conlleva una amplia gama de riesgos ambientales entre los cuales el consumo colosal y el tratamiento del agua que se emplea en las fracturas es tan solo uno. Recuerde que, como acabo de comentar, las altas tasas de declive por pozo asociadas con el gas y el petróleo de lutitas significan que los perforadores deben fracturar incesantemente a fin de mantener las tasas de producción, por lo que los riesgos ambientales se multiplican por miles, decenas de miles y, a escala nacional, por cientos de miles de veces más.

Por todo Estados Unidos han surgido cientos de grupos de ciudadanos que jamás habían pensado en comportarse como ecologistas, pero se han visto obligados a actuar por el metano en el agua potable, el ganado enfermo, la mala calidad del aire o el incesante ruido de los camiones. ¿Por qué ha aparecido una protesta popular tan activa contra el *fracking*? Porque la práctica lleva asociada unas serie de impactos dañinos para el medio ambiente y la salud acerca de los cuales existe una copiosa bibliografía. Como resulta imposible ocuparme de ellos en este artículo, los lectores interesados pueden acceder en a un fragmento del libro *Fracking*, el espectro que sobrevuela Europa, que próximamente publicaré, en el que se tratan con alguna profundidad esos temas.

Pero tal vez el mayor impacto real del *fracking* en la sociedad esté en la planificación de la política energética. Como resultado no solo

La Unión Europea anunció que recortará las emisiones de gases de efecto invernadero un 40% para el año 2030

del incremento temporal de la producción, sino también de las exageraciones de la industria que está provocando que el mundo evite diseñar nuevas estrategias para un futuro en el que los hidrocarburos serán más escasos y caros, y no se esté invirtiendo lo suficiente en energías renovables y en infraestructuras de bajo consumo, y que, en general, se esté dejando de hacer lo que todo país debería hacer si quiere sobrevivir en un siglo que verá una rápida desestabilización del clima, que no es otra cosa que emprender el inevitable camino de reducir la dependencia de los combustibles fósiles lo más rápidamente posible.

“Nuestra evaluación concluye que la atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado hasta niveles sin precedentes”. Esto es lo que dice textualmente el comunicado del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas — compuesto por unos 800 científicos de todas partes— tras la cumbre celebrada en Copenhague a finales de octubre pasado¹¹. El cambio climático se constata en todo el mundo, el calentamiento

global es indudable y la influencia humana es clara y va en aumento.

En la primera mitad del siglo XXI estamos llegando al ocaso del imperio del oro negro. Las reservas mundiales de petróleo se agotarán en las próximas décadas. Por otro lado, el incremento drástico de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los combustibles fósiles está contribuyendo al calentamiento de la Tierra y a la alteración sin precedentes de la geoquímica y del clima mundial, lo que tendrá unas consecuencias fatídicas para el futuro de la civilización humana y los ecosistemas terrestres.

Apenas quedan ya refugios para los negacionistas del cambio climático. En octubre de este año, la Unión Europea anunció que recortará las emisiones de gases de efecto invernadero un 40% para el año 2030¹². La primera semana de noviembre Estados Unidos y China desvelaron un acuerdo en el marco del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) por el cual también habrá una marcha atrás en la contaminación de esos gases entre los años 2025 y 2030¹³. Son pasos en la buena dirección.

Aunque no existen soluciones mágicas para resolver el problema de sostener un crecimiento económico infinito en recursos finitos, un primer paso es reconocer el problema y dejar de apostar a recursos caros e inaccesibles, contaminantes y condenados a la extinción como los combustibles no convencionales en lugar de empezar a transitar por el sendero de las soluciones a largo alcance basadas en las energías renovables. Deberíamos intentar usar de manera más inteligente las reservas de petróleo que quedan en el mundo dejando de estimular el consumo desaforado para reconducir la economía hacia necesidades esenciales y emprender la senda del cambio hacia una sociedad post-carbono sujeta a la menor disponibilidad energética que pueden suministrar las energías renovables.

¹⁰ Sandra, R. “Evaluating Production Potential of Mature US Oil, Gas Shale Plays. IPC Petroleum Consultants”. *Oil & Gas Journal*. Web. 2012. Último acceso: 30 de noviembre de 2013.

¹¹ IPCC. “Quinto Informe de evaluación”. Web. Octubre, 2014.

¹² “La UE establece el 2030 como fecha para reducir en un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero”. *CETIM*. 2014. Web. Último acceso: 30 de noviembre de 2014.

¹³ Peinado, M. “El pato cojo y el cisne verde”. *Diálogo Atlántico*. Web. 2014. Último acceso: 30 de noviembre de 2014.