

# FRACKING

El espectro que sobrevuela Europa

---

Manuel Peinado Lorca

Icaria ✪ editorial



Imagen de la cubierta: © fotosearch.com

© Manuel Peinado Lorca

© De esta edición  
Icaria editorial, s. a.  
Arc de Sant Cristòfol, 11-23  
08003 Barcelona  
[www.icariaeditorial.com](http://www.icariaeditorial.com)

Primera edición: junio de 2015

ISBN: 978-84-9888-664-1  
Depósito legal: B 6737-2015

Impreso en Ulzama, S.L.

*Printed in Spain. Impreso en España. Prohibida la reproducción total o parcial.*

*Para María y Manuel*



“Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre hombros de gigantes”, escribió Isaac Newton en clara referencia a científicos de la talla de Kepler, Copérnico o Descartes que le habían precedido. Si este libro ve ahora la luz es porque está asentado en gran medida en la investigación de muchos científicos, analistas y activistas. Son demasiados como para poder incluirlos a todos en una lista que sería interminable y cuyo mejor testimonio, sus publicaciones, aparece reflejado en las referencias bibliográficas que cierran este volumen. Por eso, y en nombre de todos aquellos con los que me siento deudor, centraré mis primeros agradecimientos en cuatro de ellos, J. David Hughes, Richard Heinberg y Deborah Rogers, cuyas publicaciones han sido fundamentales como fuentes de datos para sustentar mi texto, y Daniel Lerch, director de publicaciones del Post Carbon Institute de California, que me ha permitido usar muchas de las gráficas que ilustran el libro y confieren un inmenso valor añadido a mi redacción.

Gracias también a muchas otras personas generosas que participaron en la edición. En particular a Luis Monje, cuya enorme creatividad se refleja en las ilustraciones originales de esta edición y a quien se deben todos los esquemas, gráficos e ilustraciones cuya fuente no se cita en las respectivas leyendas al pie de las mismas; además, es también el autor de los cambios y las adaptaciones al español de las gráficas tomadas de los trabajos en inglés de Hughes, Heinberg y Rogers. A Sergio González Egido, que ha corregido los textos, y a Jesús Ayuso y Luis Conde, que han sido fundamentales para poner el volumen al alcance del público y lograron hacerlo posible en muy poco tiempo.

En 2012, Hugo Morán, uno de los muchos hombres honestos dedicados a la política, me puso en el camino de *fracking* y ha confiado siempre en mi punto de vista sobre el mismo. Le agradezco su confianza y espero que el libro le sea de utilidad para afianzar su compromiso medioambiental en la difícil tarea de conjugarlo con su responsabilidad política.

Finalmente, agradezco a mi mujer, María, su infinita paciencia para conmigo y para las incontables horas de trabajo que este libro ha robado a nuestra convivencia.

<b>INTRODUCCIÓN</b>	14
<b>1 EL FIN DE LA ERA DEL PETRÓLEO</b>	22
1.1 La civilización del fuego	23
1.2 Un crecimiento insostenible	26
1.3 El pronóstico de Hubbert	30
1.4 Disfrazando el petróleo	35
1.5 Los límites del crecimiento	39
1.6 Davos contra Porto Alegre	41
1.7 Punto final	47
1.8 Tensiones geopolíticas	51
1.9 No hay mal que por bien no venga	58
<b>2 LA PIRÁMIDE DE LOS RECURSOS</b>	61
2.1 El papel lo aguanta todo	61
2.2 El problema de los suministros	66
2.3 Energía frente a Economía	70
<b>3 COMBUSTIBLES NO CONVENCIONALES</b>	81
3.1 El banderín de enganche: el gas natural	82
3.2 Clatratos de metano	84
3.3 Gasificación	87
3.4 ¡A por el grisú!	91
3.5 Biomasa	92
3.5.1 Biogás	93
3.5.2 Biocombustibles	95
3.6 Arenas asfálticas	100
3.7 El chapapote venezolano	103
3.8 Pizarras bituminosas: un futuro muy negro	106
3.9 Explorando los fondos marinos	110
3.10 Conversión del carbón y el gas a líquidos	116
3.11 Pozos sin fondo	120
<b>4 LA REVOLUCIÓN DE LAS LUTITAS</b>	121
4.1 Son lutitas, no esquistos	121
4.2 Una revolución en ciernes	125
4.3 Carpe diem	127
4.4 Saudiamérica	129
4.5 El mito de la independencia energética	135
4.6 Campos dorados	139
4.6.1 La reina Roja de Alicia: el gas	142
4.6.2 El petróleo, rey negro	151
<b>5 FRACKING (FRACTURA HIDRÁULICA)</b>	161
5.1 <i>Fracking</i> : antecedentes y cronología	162
5.1.1 Cronología	169
5.2 <i>Fracking</i> : aspectos tecnológicos	183
5.2.1 Fase 1: Exploración y prospección	185
5.2.2 Fase 2.1: Preproducción. Perforación de los pozos	186
5.2.3 Fase 2.2: Preproducción. Fractura hidráulica	190
5.2.4 Fase 2.3: Preproducción. Diseño y construcción de las plataformas multipozo	193
5.2.5 Fase 3: Producción	197

5.3 <i>Fracking</i> : Impactos ambientales y sanitarios	198
5.3.1 Consumos y contaminación de aguas y suelos	201
5.3.2 Contaminación atmosférica y gases de efecto invernadero	216
5.3.3 Contaminación acústica	221
5.3.4 Impactos sobre el paisaje	222
5.3.5 Incremento del tráfico y daño a rutas y caminos	223
5.3.6 Seísmos	223
5.4 <i>Fracking</i> : Aspectos económicos	227
5.4.1 Precios del petróleo	227
5.4.2 Precio del gas natural en Estados Unidos	245
5.4.3 La burbuja del <i>fracking</i>	248
5.5 <i>Fracking</i> : Efectos sociales y laborales	263
5.6 <i>Fracking</i> : El fantasma sobrevuela Europa	274
<b>6 EL CASO ESPAÑOL</b>	295
<b>7 RESUMEN</b>	313
<b>8 REFERENCIAS</b>	328
<b>EPÍLOGO</b>	349

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> Población mundial, consumo energético per cápita y consumo energético total entre 1850-2011	23
<b>Fig. 2</b> Consumos mundiales de energía primaria distribuidos por tipos de combustibles	24
<b>Fig. 3</b> Consumo mundial de energía primaria por regiones y tipos de combustibles entre 1965 y 2011	25
<b>Fig. 4</b> Consumo energético per cápita por países y regiones en 2011	27
<b>Fig. 5</b> Producción petrolífera de Indonesia, Noruega y Reino Unido entre 1980 y 2012	29
<b>Fig. 6</b> Reelaboración del esquema original del trabajo de Hubbert (1956)	31
<b>Fig. 7</b> Producción anual de petróleo estadounidense entre 1860 y 2009 comparada con las previsiones de Hubbert	33
<b>Fig. 8</b> Producción doméstica e importaciones netas de petróleo en Estados Unidos (1920-2010)	34
<b>Fig. 9</b> Descubrimientos mundiales de yacimientos de petróleo convencional en comparación con la producción de petróleo mundial (1930-2050)	37
<b>Fig. 10</b> Reservas mundiales declaradas entre 1980 y 2006	38
<b>Fig. 11</b> Figura 11. Previsiones hechas en 2003 por los picoflautas sobre el pico del petróleo	42
<b>Fig. 12</b> Pronóstico de la ASPO, sobre el cenit del petróleo y el gas	45

<b>Fig. 13</b>	Producción mundial de diferentes tipos de petróleo en el escenario New Policies (AIE, 2010)	47
<b>Fig. 14</b>	Pronóstico de la producción de petróleo entre 2011 y 2035 (New Policies Scenario: AIE, 2012b)	48
<b>Fig. 15</b>	Volumen y número de los campos petrolíferos gigantes descubiertos en cada década desde 1850	50
<b>Fig. 16</b>	Producción y consumos mundiales de petróleo por región petrolífera, 1965-2011	51
<b>Fig. 17</b>	Barriles per cápita consumidos y previstos para el conjunto de la población mundial desde la Segunda Guerra Mundial hasta 2050	52
<b>Fig. 18</b>	Exportaciones netas de petróleo de los 45 mayores exportadores entre 2002 y 2012	54
<b>Fig. 19</b>	Exportaciones e importaciones totales y netas por regiones en 2011	55
<b>Fig. 20</b>	Población mundial y consumos energéticos per cápita y total entre 1850 y 2035	59
<b>Fig. 21</b>	Incrementos sospechosos de las reservas declaradas de petróleo presentadas oficialmente por siete países de la OPEP entre 1980 y 2010	65
<b>Fig. 22</b>	Representación gráfica de la Tasa de Retorno Energético de diferentes tipos de combustibles	71
<b>Fig. 23</b>	Pronóstico del consumo energético mundial por niveles de desarrollo y por tipo de recurso entre 2010 y 2035 según la US EIA (2011b)	76
<b>Fig. 24</b>	Pronóstico del suministro de líquidos de petróleo por fuente entre 2010-2040 (Escenario de referencia de la US EIA, 2013)	77
<b>Fig. 25</b>	Producción estadounidense de crudo por fuentes para el período 2010-2040 según el escenario de referencia (US EIA, 2013)	79
<b>Fig. 26</b>	La pirámide de los recursos de gas y petróleo frente a la calidad de los mismos	80
<b>Fig. 27</b>	Consumos y producción de gas natural entre 1965 y 2011	83
<b>Fig. 28</b>	Intensidad de extinción de animales marinos	85
<b>Fig. 29</b>	Pirámide de los recursos de hidratos de gas que muestra los volúmenes relativos en diferentes tipos de rocas	86
<b>Fig. 30</b>	Mediana de las estimaciones de los recursos mundiales in situ de hidratos de gas distribuidos por regiones	87
<b>Fig. 31</b>	Esquema del funcionamiento de una planta de gasificación a partir de los residuos generados en una granja	94
<b>Fig. 32</b>	Esquema de producción de bioetanol a partir del maíz.	96
<b>Fig. 33</b>	Producción estadounidense de etanol y biodiésel, 1985-2012.	99
<b>Fig. 34</b>	Producción y consumo canadiense, histórico y pronosticado, entre 2000 y 2035	101
<b>Fig. 35</b>	Distribución de la producción petrolífera venezolana entre 1965 y 2011	104
<b>Fig. 36</b>	Producción de petróleo venezolano y reservas declaradas, 1980-2011	105

<b>Fig. 37</b>	Producción de pizarras bituminosas en Estonia, Rusia (Leningrado y Kashpir), Escocia, Brasil, China (Fushun y Maoming) y Alemania, entre 1880 y 2000	107
<b>Fig. 38</b>	Esquema del proceso de extracción de bituminosas mediante pozo de congelación	109
<b>Fig. 39</b>	Reservas remanentes y RTR no descubiertos de petróleo en las plataformas continentales externas de los Estados Unidos	113
<b>Fig. 40</b>	Reservas remanentes y RTR no descubiertos de gas en las plataformas continentales externas de Estados Unidos	114
<b>Fig. 41</b>	Producción y consumo de energía por combustible en Estados Unidos entre 1981 y 2011	126
<b>Fig. 42</b>	Producción petrolífera estadounidense por regiones entre 1985 y 2012	126
<b>Fig. 43</b>	Pozos operativos y productividad por pozo en Estados Unidos entre 1970 y 2010	127
<b>Fig. 44</b>	Suministros estadounidenses de gas natural por orígenes entre 1998 y 2012	136
<b>Fig. 45</b>	Suministros de gas natural de Estados Unidos desglosados por fuentes entre 2010-2040	137
<b>Fig. 46</b>	Pronóstico de la producción de petróleo y gas natural frente al número de perforaciones requeridas entre 2010 y 2040	139
<b>Fig. 47</b>	Campos de lutitas en los 48 estados contiguos	140
<b>Fig. 48</b>	Gráficas representativas de seis campos de lutitas estadounidenses	145
<b>Fig. 49</b>	Distribución de la calidad de los pozos de cinco campos de lutitas definida por la tasa de producción mensual más alta en toda la vida del pozo	147
<b>Fig. 50</b>	Producción de petróleo de lutitas por campo desde 2000 hasta mayo de 2012	152
<b>Fig. 51</b>	Declive general del campo Eagle Ford basado en la producción de los pozos perforados antes de 2011	156
<b>Fig. 52</b>	Esquema básico de funcionamiento del <i>fracking</i>	161
<b>Fig. 53</b>	Esquema básico de funcionamiento del <i>fracking</i>	184
<b>Fig. 54</b>	Esquema de una prospección sísmica marina	187
<b>Fig. 55</b>	Esquema del ensamblaje de varios tubos de perforación de <i>fracking</i>	188
<b>Fig. 56</b>	Esquema del funcionamiento del cañón de fracturación introducido por un tubo de perforación de <i>fracking</i>	190
<b>Fig. 57</b>	Composición porcentual de dos fluidos de <i>fracking</i>	192
<b>Fig. 58</b>	Esquema de un campo de producción de gas de lutitas con cuatro plataformas de seis pozos multifractura cada una	194
<b>Fig. 59</b>	Esquema general de la fase de producción del <i>fracking</i>	197
<b>Fig. 60</b>	Principales vías de contaminación provocadas por el <i>fracking</i>	200
<b>Fig. 61</b>	Infiltración de líquidos de <i>fracking</i> en el subsuelo	207

<b>Fig. 62</b>	Concentraciones de metano en aguas subterráneas y manantiales	209
<b>Fig. 63</b>	Fugas de contaminantes gaseosos en una explotación de <i>fracking</i>	214
<b>Fig. 64</b>	Fugas de metano en varios lugares durante las actividades de <i>fracking</i>	216
<b>Fig. 65</b>	Matriculaciones de vehículos en Estados Unidos por cada mil habitantes entre 1900 y 2008	228
<b>Fig. 66</b>	Producción estimada de los estados de Pensilvania y Nueva York entre 1859 y 1897	229
<b>Fig. 67</b>	Evolución histórica de los precios del petróleo entre 1861 y 2007	231
<b>Fig. 68</b>	Derivados financieros y deuda de los Estados Unidos	235
<b>Fig. 69</b>	Evolución de los precios del petróleo WTI (1972-2009)	242
<b>Fig. 70</b>	Evolución de la producción y el precio de gas de lutitas en Estados Unidos, 2000-2012	246
<b>Fig. 71</b>	Relaciones entre la transacciones financieras y los precios del gas en Estados Unidos	249
<b>Fig. 72</b>	Diferencias en el número de empleos por pozo de <i>fracking</i> previstos y realmente creados	268
<b>Fig. 73</b>	Producción mundial de crudo, 1995–2012	315
<b>Fig. 74</b>	Evolución de los precios del crudo Brent	317
<b>Fig. 75</b>	Distribución de los cultivos estadounidenses de maíz para etanol y para otros usos, 1980-2012	319
<b>Fig. 76</b>	Producción de gas de lutitas por campo en mayo de 2012	320
<b>Fig. 77</b>	Pozos en funcionamiento frente a productividad por pozo entre 1990 y 2010	321
<b>Fig. 78</b>	Producción estadounidense de gas frente a la tasa de perforación de pozos gasíferos finalmente productivos entre 1990 y 2012	322

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Foto 1</b>	Estratos de lutitas petrolíferas	122
<b>Foto 2</b>	Buscando fósiles en láminas de lutitas	122
<b>Foto 3</b>	Sección microscópica de una lutita	123
<b>Foto 4</b>	Fotografía nocturna de Estados Unidos	128
<b>Foto 5</b>	Un obrero prepara nitroglicerina para disparar un pozo Pensilvania, década de 1890	163
<b>Foto 6</b>	Los torpedos: precursores del <i>fracking</i>	164

<b>Foto 7</b>	Primera experiencia de perforación de <i>fracking</i> en Hugoton, Kansas, 1947	166
<b>Foto 8</b>	Fotografía aérea de un campo de gas natural en Wyoming, Estados Unidos	193
<b>Foto 9</b>	Despliegue logístico en una parcela de maquinaria de una plataforma multifractura	196
<b>Foto 10</b>	Camiones de bombeo y de almacenamiento de líquidos en una plataforma de <i>fracking</i>	203
<b>Foto 11</b>	Berma para <i>fracking</i> en el campo Marcellus, Pensilvania	212
<b>Foto 12</b>	Operación de <i>fracking</i> en Carrizo Springs, una localidad tejana del campo Eagle Ford	222
<b>Foto 13</b>	El primer pozo petrolífero de Estados Unidos (1859)	237
<b>Foto 14</b>	Holden Street, Pithole, Pensilvania, 1866	264
<b>Foto 15</b>	Portada de ABC con el descubrimiento de petróleo en Burgos, 1964	296

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Estadísticas de producción, calidad de los pozos y tasa de declive de los 20 principales campos estadounidenses de gas de lutitas	144
<b>Tabla 2</b>	Previsiones y estimaciones de los costes anuales de perforación necesarios para mantener la producción de gas natural en los nueve campos de gas de lutitas más productivos de los Estados Unidos	148
<b>Tabla 3</b>	Pozos y recursos potenciales de gas de lutitas en Estados Unidos según las previsiones de la US EIA (2012d) frente a las del USGS (2012b).	151
<b>Tabla 4</b>	Estadísticas de producción, calidad de los pozos y tasa de declive de los 10 principales campos de petróleo de lutitas de Estados Unidos	154
<b>Tabla 5</b>	Estimación de los costes anuales de perforación para mantener la producción de petróleo de lutitas en los 13 campos estadounidenses más productivos	158
<b>Tabla 6</b>	Datos de superficie y población de varios territorios relacionados con el <i>fracking</i>	282

# ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

*ld* Al día o diario.

*AIE* Agencia Internacional de la Energía.

*BEP* Barriles Equivalentes de Petróleo. Para su definición, véanse las Notas Finales.

*bl* Barril. Para su definición, véanse las Notas Finales.

*bls* Barriles.

*BOEM* Bureau of Ocean Energy Management (Oficina para la Gestión Energética Oceánica de EEUU).

*Bpc* Billón de pies cúbicos. El billón utilizado en este libro es el de la escala larga, es decir, un millón de millones.

*Btu* Unidad térmica británica (British Thermal Unit: 1.055 julios).

*CAPP* Asociación Canadiense de Productores de Petróleo (Canadian Association of Petroleum Producers).

*CBPC* Coste por barril de capacidad de producción. Para su definición, véanse las Notas Finales.

*CF* Combustibles fósiles.

*EIA* Agencia de Información Energética del Departamento de Energía de los Estados Unidos (Energy Information Administration). Para evitar confusiones con la AIE en las citas a lo largo del texto, las referencias bibliográficas se han escrito como US EIA.

*ERCB* Junta para la Conservación de Recursos Energéticos de la provincia de Alberta, Canadá (Alberta Energy Resources Conservation Board).

*FMI* Fondo Monetario Internacional.

*GNL* Gas natural licuado.

*Kbd* Mil barriles al día.

*Kbl* Mil barriles.

*KMbl* Miles de millones de barriles.

*KMmc* Miles de millones de m<sup>3</sup>.

*KMpc* Miles de millones de pies cúbicos.

*Kpc* Mil pies cúbicos.

*LGN* Líquidos derivados del gas natural.

*Mbd* Millón de barriles diarios.

---

**Mbl** Millón de barriles.

**Mba** Millón de barriles al año.

**Mbtu** Millón de Btus.

**Mpc** Millón de pies cúbicos.

**MTOE** Millones de toneladas de equivalentes de petróleo.

**NEB** Junta Nacional de Energía de Canadá (Canadian National Energy Board).

**OCDE** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

**PADD** Acrónimo de Petroleum Administration for Defense Districts. Para su definición, véanse las Notas Finales.

**PI** Productividad inicial (por ejemplo, de un pozo).

**PIB** Producto Interior Bruto.

**PTE** Potencial Total Estimado.

**REP** Reserva Estratégica de Petróleo.

**REFE** Recursos finalmente extraídos, es decir, los acumulados totales de la explotación. En inglés se dice Estimated Ultimate Recovery (EUR).

**RFER** Recursos Finalmente Recuperables.

**RICO** Rig Count.

**RMP** Recuperación Mejorada del Petróleo.

**RTR** Recursos Técnicamente Recuperables.

**\$** Dólar estadounidense.

**\$Can.** Dólar canadiense.

**SAGD** Drenaje gravitacional impulsado con vapor (Steam-Assisted Gravity Drainage).

**SEC** Securities and Exchange Commission. Organismo regulador de información y control del mercado de inversiones estadounidense. Es el equivalente de la Comisión Reguladora del Mercado de Valores español.

**TRE** Tasa de Retorno Energético.

**USGS** United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos).

**US EIA** ver EIA.

**WTI** Petróleo tipo Western Texas Intermediate.

Al inicio de la actual década un nuevo espectro comenzó a sobrevolar Europa. Tenía su origen en Estados Unidos y se llamaba *fracking*, en castellano fractura hidráulica. De creer a sus apologistas, el “nuevo maná” que estaba devolviendo a los Estados Unidos a la posición privilegiada que había ostentado hasta la década de 1970 -ser el mayor productor de petróleo del mundo- era una esperanza para las compañías gasísticas y petroleras y un espanto para los colectivos ambientalistas. En todo caso para grupos sociales interesados o afectados por un proceso que amenazaba con extenderse como una pestilente y destructiva mancha de aceite. Por eso, por su potencial capacidad de afectarnos a todos, a unos para bien y a otros para mal, el espectro está dando mucho que hablar en los tiempos que corren.

Por encargo de un amigo, a mediados de 2012 escribí un informe entre técnico y divulgativo sobre el *fracking* en España y en Europa. Cuando comencé a redactarlo en la primavera de 2012 lo hice desde una posición ambientalista que me hacía rechazar visceralmente un procedimiento que estaba siendo combatido por las principales organizaciones ecologistas españolas y cuya aparición en Europa había llevado a que surgieran plataformas antifracking por todas partes.

Lo que había comenzado como una preocupación ambientalista pronto tomó otros derroteros. Algo no encajaba en mis reflexiones. No se trataba de la producción de gases de efecto invernadero ni del consumo y la contaminación de agua, de los impactos del *fracking* sobre la salud, el medioambiente o el paisaje, ni tampoco de la capacidad de inducir seísmos, un efecto que cada vez parecía más evidente. No, lo que no acababa de convencerme eran la brillantez, la rotundidad y hasta la exuberancia de las cifras de producción y de los colosales volúmenes de extracción que se pronosticaban para el futuro, unos números que servían de tarjeta de visita de la aparatosa aparición en el escenario del declive los combustibles fósiles de una tecnología que, desafiando los aciagos pronósticos lanzados por M. K. Hubbert en 1949, iba a cambiar el futuro: la humanidad podría seguir quemando petróleo y gas *ad infinitum*. Sin saber el porqué, aquello me olía a timos tan antiguos como el hombre, a Enron y a algunas películas que se habían ocupado de las artimañas urdidas en la Gran Manzana.

El epicentro de la actual crisis económica estuvo en Wall Street y en el mercado de futuros y derivados. “En este edificio la cuestión es matar o morir”, dice el ensoberbecido Louis Winthorpe al mendigo Billy Ray Valentine en la película de John Landis *Entre pillos anda el juego* en el momento en que ambos se dirigen al mercado de futuros de Wall Street. Se disponen a dar el pelotazo del siglo. Vendiendo y comprando futuros en zumo de naranja concentrado, los dos protagonistas ganarán millones y llevarán a la bancarrota a sus pérfidos exjefes. En una de las mejores secuencias de *Capitalismo: una historia de amor*, el siempre brillante e irreverente Michael Moore planta sus cámaras donde las puso Landis para interrogar inútilmente acerca de qué demonios son los derivados financieros y qué precio paga el país más poderoso del mundo por su amor al capitalismo. Moore había rodado una comedia negra, un espectáculo de humor y horror que, conjugando diversión y rebelión, deja al espectador absolutamente boquiabierto y un poco aturdido por el certero puñetazo a

nuestro modo de vida, teatro de guiñoles controlado por unas fuerzas económicas y políticas que nunca pueden ni van a perder sus privilegios.

Tanto el documental de Moore como *The Company Men*, una excelente película de John Wells, relatan la crónica del desmantelamiento de la otrora poderosa industria norteamericana, la caída en picado de los sectores automovilístico, naval y aeronáutico, y el despido de miles de trabajadores que habían confiado en ser protagonistas de su propio “sueño americano”. Si Moore se centró en el cierre de las fábricas automovilísticas de su estado natal, Illinois, en *The Company Men*, el fracaso laboral tratado con toda su crudeza en una suerte de *Los lunes al sol* aplicada a directivos enviados al paro, Wells pone la lente en el desmantelamiento de los astilleros de Gloucester en Nueva Inglaterra.

Los ingenieros que hasta las desregulaciones del sistema financiero creaban bienes y equipos, las cosas útiles y tangibles que añora Tommy Lee Jones encarnando a Gene McClary, el despedido vicepresidente de GTX, delante de los desmantelados astilleros de Gloucester, han sido sustituidos por ingenieros financieros que no necesitan mano de obra para crear sueños de riqueza después trocados en pesadillas. Estas películas, nacidas con la voluntad de mostrar los mecanismos interiores que han provocado la crisis, son relatos estremecedores que dejan anonadado al espectador cuando los títulos de crédito señalan el fin del metraje. Muchos de los casi seis millones de parados españoles se reconocerán en esa sensación de indefensión que sobreviene cuando se va al paro, en la deshumanización del proceso y en el hecho de que los principales ejecutivos de las empresas ganen 400 veces más dinero que la gente a la que despiden en nombre del mercado.

Adoptando el esquema de *Los últimos días de la quiebra de Lehman Brothers*, un excelente reportaje de la BBC estrenado hace un par de años, la película de Charles Ferguson *Inside Job* sigue el rastro de las oligarquías que se eternizan en el poder y que controlan el mundo político y, a través de él, nuestras vidas, apoyados en los economistas de la universidades más selectas. El paradigma del cinismo de las elites académicas es Frederic S. Miskhin, profesor de la prestigiosa Columbia Business School, que antes del desplome económico de Islandia redactó un informe titulado *Estabilidad financiera en Islandia* en el que alababa el sistema financiero de aquel país. Después del crack que sumió a los islandeses en las sentinas de la crisis, Miskhin cambió el título de su informe, lo dejó tal cual, y pasó a llamarlo *Inestabilidad financiera en Islandia*. Y, como sucede con Miskhin, que por lo menos da la cara en el documental, *Inside Job* nos revela casos extraordinarios de ese papel legitimador de los economistas que hacen buenas las tesis acerca de la “corporatocracia” que sostiene John Perkins en su libro *Manipulados*.

Me parece que escudriñar en las interioridades de la “geología de parqué” que está detrás del negocio del *fracking* da cumplida respuesta a algunas cuestiones relacionadas con la rapiña financiera que Perkins plantea en su libro: ¿Queremos vivir en un mundo gobernado por unos cuantos millonarios que agotan los recursos del planeta para satisfacer sus insaciables apetitos? ¿Vamos a soportar más deudas, privatizaciones y mercados al servicio de ladrones de guante blanco que actúan al margen de cualquier regulación? ¿Educaremos a nuestros hijos en un mundo donde menos del 5% de la población consume más del 25% de los recursos?

El *fracking* presenta todas las características de la burbuja financiera creada por las hipotecas *subprime* y su versión hispana del ladrillo. En la burbuja urdida en Wall Street que está en el origen de la actual recesión subyacía la idea básica e imposible de toda burbuja: había un recurso infinito cuyo valor no dejaría nunca de aumentar. El recurso, llámese suelo o llámese combustible, crea a su alrededor todo un universo de activos financieros que pasan de mano en mano generando beneficios hasta que alguien hace explotar la burbuja. Cuando alguien grita “el rey camina desnudo” la pirámide financiera se viene abajo y se comprueba, una y otra vez, que unos pocos se han beneficiado de la mena y dejan la ganga de las pérdidas para todos.

A comienzos del siglo XXI, el declive de los combustibles fósiles era algo más que un pronóstico aventurado porque, sobrepasados los límites físicos que hacen imposible que se pudieran extraer al mismo ritmo que en el pasado, varios organismos, entre ellos el nada sospechoso National Petroleum Council, habían anunciado que el aumento continuado de la extracción de petróleo a partir de fuentes convencionales presentaba cada vez más riesgos y estos constituían un serio obstáculo para asegurar la demanda a medio plazo. Y en esa estábamos a finales de la década pasada cuando las compañías petroleras echaron las campanas al vuelo y alimentaron la nueva burbuja. Puede que el National Petroleum Council se refiriera a las “fuentes convencionales”, pero la cuestión era qué pasaría si se lograba extraer combustibles fósiles de “fuentes no convencionales”, es decir, de hidrocarburos hasta entonces técnicamente inaccesibles.

En 2009, la EIA, que el año anterior había pronosticado que el país continuaría en su imparable tendencia al aumento de las importaciones, anunció que Estados Unidos dejaría de ser importador de gas natural. Entonces lució con todo su esplendor una nueva piedra filosofal, el *fracking*, que fue saludada entre otros ditirambos como “el mayor hallazgo estadounidense desde la invención del arado”, “un recurso inagotable”, “el nuevo maná” o “una revolución a todo gas”.

Cuando ya había terminado mi informe de 2012 y seguía dándole vueltas al asunto del *fracking*, mi repaso mensual de bibliografía científica llevó hasta mi mesa *A reality check on the shale revolution*, un artículo de J. David Hughes que publicó *Nature* el 21 de febrero de 2013. *Nature*, igual que la mayoría de las revistas científicas, no es muy generosa con sus páginas, de modo que el artículo de Hughes apenas ocupaba dos de ellas, con el inconveniente añadido de que la mitad de la primera estaba ocupada por una llamativa fotografía de un gigantesco quemador de gas natural en el campo petrolífero Bakken, el más productivo de los campos petrolíferos de lutitas de Norteamérica, que es como decir de todo el mundo.

Como investigador acostumbrado a lidiar con los editores de las revistas científicas, que obligan a los autores a convertirse en jibaros de sus propios textos, podía imaginar las dificultades por las que tuvo que pasar Hughes para resumir en poco más de dos mil palabras y tres gráficas toda la valiosa información que, gracias a su paciente investigación, el geofísico canadiense había acumulado durante años.

Cuando aquel número de *Nature* cayó en mis manos, no disponía de más datos sobre una supuesta burbuja que mi propia intuición, unos pocos conocimientos sobre el pico del petróleo y muchas horas de ocio consumidas estudiando las causas

que habían provocado la Gran Recesión que castiga hoy a Occidente en general y a España en particular. Durante cuatro años, convertido en un diletante de los asuntos económicos, había estado publicando artículos de prensa en las que me ocupé de las causas de la gran burbuja financiera e hipotecaria que había asolado mi país. En España la burbuja había sido de suelo y ladrillo, algo muy hispano, pero en absoluto un producto original “made in Spain”. El origen de todo estaba en la caída de Lehman Brothers y en las imaginativas operaciones de ingeniería financiera surgidas de Wall Street. Intuitivamente, el *fracking* me parecía eso, una artimaña financiera creada junto a Trinity Church. Era pura intuición, sin más pruebas.

En febrero de 2013 leí el artículo de Hughes en *Nature* y quedé fascinado. Allí, en apenas página y media, estaba resumido lo que daba vueltas en mi mente y allí estaba también, como una cita más entre la escueta bibliografía, la “piedra Rosetta” de lo que yo quería saber: *Drill, Baby, Drill*. Compré el libro y pospuse su lectura hasta que pudiera ocuparme con detenimiento de él durante las vacaciones de verano. Pero antes, una primera y superficial lectura del libro me llevó hasta otra publicación clave, *Shale and Wall Street: was the decline in natural gas prices orchestrated?*, de Deborah Rogers. Tirando del hilo de ambas madejas, pronto tenía decenas de artículos iluminadores sobre las relaciones entre el *fracking*, el pico del petróleo y los “Gordon Gekko” de Wall Street. “La codicia es buena”, decía Gekko, el tiburón financiero protagonista de la película de Oliver Stone *El dinero nunca duerme*, para confirmar de un solo golpe los peores miedos de la sociedad biempensante acerca de los financieros. En el despiadado mundo de Manhattan, la avaricia flagrante había dejado de ser algo de lo que avergonzarse para convertirse en algo que podía lucirse con orgullo, como los trajes de Armani, las camisas a rayas o los tirantes rojos.

¿Es sostenible un negocio cuyas transacciones comerciales representan pérdidas de miles de millones de dólares? Para mí está claro que no, salvo que el balance comercial desfavorable apalanque otro tipo de negocios especulativos. Cuando la burbuja del ladrillo estaba en pleno apogeo, los analistas del Banco de España alertaron del peligro. Nadie prestó atención a los aguafiestas. El geofísico canadiense J. David Hughes y Deborah Rogers, que trabajó como analista del Banco de la Reserva Federal en Dallas, son un par de aguafiestas que están denunciando la burbuja del *fracking*, un negocio fraudulento que sigue los mismos arteros procedimientos empleados por Wall Street para repartir por el mundo la basura de las *subprime*.

En *Drill, Baby, Drill*, Hughes diseccionaba con la precisión de un neurocirujano los entresijos urdidos por las compañías petroleras para inflar las reservas de combustibles no convencionales creando con ello el sueño imposible de un recurso infinito que sostiene a una industria sin futuro y a un negocio condenado a la extinción. Gracias a Hughes, uno descubre que el elemental engaño sigue siendo básicamente el mismo que empleaban los timadores de la “estampita”: se enseñan unos billetes que excitan la codicia del listillo, se le dice que en un paquete hay otros muchos iguales y, aunque parezca mentira, el listillo va, compra el paquete repleto de recortes de papel, y pica. Las petroleras, apoyadas por los potentes grupos publicitarios que las apoyan, enseñan unos resultados de explotación espectaculares obtenidos en unos cuantos pozos y extrapolan esos resultados a yacimientos enteros todavía no probados. El procedimiento es siempre el mismo. Cuando se descubre un posible yacimiento, comienza

el frenesí de los alquileres de tierras que aparece en *Tierra prometida*, la película protagonizada por Matt Damon. Al proceso de alquileres le sigue un auge de perforaciones que se centran en las zonas más productivas. Cuando se perfora por primera vez un pozo, la producción del primer año es extraordinaria. Después de la explosión del primer año, la producción cae en picado hasta que, pasado el tercer año, los pozos producen un 80-90% menos y dejan de ser rentables aunque se mantengan abiertos para alimentar el espejismo de las reservas inacabables. Siete años después serán declarados pozos marginales, unos pestilentes y peligrosos juguetes rotos abandonados a su suerte en un arrasado baldío improductivo.

Lo que hacen los operadores financieros es aplicar curvas hiperbólicas a los datos iniciales de producción y pronosticar una vida media de los pozos de unos cuarenta años. Con esos datos en mente y los contratos de arrendamiento en la mano, Wall Street está haciendo lo mismo que hizo con las hipotecas basura: desarrollar sofisticados productos de ingeniería financiera. Transformados en imaginativos productos financieros a futuro, los derechos sobre los terrenos se valoran a precios desorbitados, con bonos a la firma que alcanzan los 70.000 dólares por hectárea, varias veces el precio original que se promete a los ilusos propietarios.

Como se trata de mantener los datos de producción inflados, hay que perforar nuevos pozos. Eso supuso abrir 7.200 nuevos pozos en 2012; como el coste medio de perforar un pozo ronda los seis millones de dólares, las compañías invirtieron 42.000 millones simplemente para enmascarar la disminución en la producción. Ese mismo año, el gas de lutitas estadounidense generó ventas comerciales por valor de 33.000 millones. Parece un negocio ruinoso, pero no lo es: entre el pistoletazo de salida de 2009 y 2011, el entramado financiero ligado al gas de lutitas movió 135.000 millones de dólares.

Un caso paradigmático es el del yacimiento de petróleo y gas no convencional de Vaca Muerta, en Argentina. Cuando Repsol anunció que estimaba la previsión de reservas en más de 22.000 millones de barriles (menos de dos tercios del consumo mundial en un año, dicho sea de paso), los títulos de su filial argentina YPF subieron más de un 7%. Sin embargo, Repsol no tenía intención de explotar el yacimiento, en el que invirtió una cifra claramente insuficiente, sino que quería deshacerse de él a precio de oro, tal como demuestran las 142 reuniones que mantuvo con esta intención. El Gobierno argentino expropió y buscó explotadores. Los encontró en Estados Unidos: finalmente, YPF y Chevron firmaron un acuerdo comercial por el cual la empresa norteamericana se compromete a participar del desarrollo del yacimiento de Vaca Muerta. La inversión inicial prevista es de 1.500 millones de dólares, que pagan los argentinos. Es una cantidad ridícula, pero el anuncio de la inversión ha provocado una revalorización de la cartera de YPF. Uno de los factores críticos para el desarrollo de los yacimientos argentinos es que en el país no hay tecnología para el *fracking*. No hay problemas: Se importan de Estados Unidos donde hay un colosal excedente de materiales para el *fracking*.

Cuando en julio de 2013 terminé mis actividades docentes cargué con dos archivadores repletos de información y, con el Mediterráneo a la vista, me dispuse a estudiar el asunto de las relaciones entre los hidrocarburos surgidos de las lutitas, el declive de los combustibles fósiles y los mercados financieros a futuro. *Drill, Baby, Drill*

me pareció un libro fascinante e iluminador. Tanto me lo pareció, que el 26 de agosto me atreví a escribir un email a Tod Brilliant, director del Post Carbon Institute, a quien no conocía, ofreciéndole mi desinteresada traducción de *Drill, Baby, Drill* al español. Dos días después, Daniel Lerch, director de publicaciones de ese instituto, me escribió aceptando y agradeciendo la oferta. El 14 de septiembre le envié a Daniel la traducción completa del libro incluyendo unas notas adicionales para los lectores en lengua española. El 9 de diciembre el libro fue presentado en California y hoy puede descargarse de la web del Post Carbon.

Hace casi dos siglos, en 1815, un grupo de trabajadores textiles ingleses capitaneados por un tal Ned Ludd, entraron por la fuerza en una fábrica para destruir los telares mecánicos que acababan de instalarse. El trágico episodio dio lugar a una corriente de pensamiento contraria al desarrollo tecnológico que, en homenaje a su primer héroe, se llamó ludismo, una actitud profundamente reaccionaria que ha reaparecido cada vez que ha habido una innovación tecnológica, desde la locomotora al teléfono móvil. No soy ludista, pero estoy convencido de que oponerse al *fracking* será la postura más razonable por razones ambientales y económicas.

Ambientalmente, porque por decirlo con suavidad, por más que se enmascaren los procedimientos con evaluaciones de impacto y las correspondientes medidas ambientales correctoras o compensatorias, la fractura hidráulica es un atentado ecológico y la traca final de la explotación de recursos fósiles que es la causa de los graves problemas ambientales que nos afectan a escala planetaria. En el caso del componente económico, porque en el mejor de los escenarios, es decir, que no estemos ante una colosal burbuja, es pan para hoy y hambre para mañana. El pan de los beneficios cortoplacistas para las empresas y el hambre de los costes ambientales y de calidad de vida que sufriremos todos a medio y largo plazo.

Pero tal vez el mayor impacto real del mito del *fracking* en la sociedad esté en la planificación de la política energética. Como resultado no solo del incremento temporal de la producción, sino también de las exageraciones de la industria y de la logorrea de sus apóstoles, los Estados Unidos están provocando que el mundo evite diseñar nuevas estrategias para un futuro en el que los hidrocarburos serán más escasos y caros, no 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.

Cuando se plantea la cuestión, los políticos suelen adoptar la misma actitud: “Sí, claro que sí, claro que debemos reducir el consumo de combustibles fósiles con el fin de evitar el peor escenario del cambio climático, pero con la perspectiva de la independencia energética, el empleo y el crecimiento económico que surgen del gas y el petróleo de lutitas, ¿quién le pone el cascabel al gato?” ¿Les suena? Sí, claro que les suena: ¿Quién le iba a poner el cascabel al gato de la especulación inmobiliaria que nos ha llevado a la ruina? ¿Quién hizo caso a los pocos aguafiestas que decían que el aumento de los precios de las viviendas estaban tan inflados que la burbuja estallaría en cualquier momento?

En la primera mitad del siglo XXI estamos llegando al ocaso del imperio del oro negro. El precio del crudo continúa al alza en los mercados globales y 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.

El crecimiento de la economía de mercado está íntima e indisolublemente correlacionado con un incremento en el consumo de petróleo. En las últimas tres décadas, cada modificación del PIB mundial ha ido acompañada de una modificación equivalente de la demanda de petróleo. Mientras que el imparable crecimiento del sistema financiero internacional en los últimos veinticinco años se ha basado en el endeudamiento de gobiernos, empresas y familias, los altos precios del petróleo serán los principales responsables del estancamiento de la economía global, porque el sistema económico dominante se ha basado en energía barata y en consumos continuamente crecientes.

Todas las decisiones económicas y políticas que se adopten en el transcurso de las próximas décadas estarán supeditadas al coste creciente de la energía procedente de los combustibles fósiles y al progresivo e incesante deterioro del clima y la ecología terrestre. Es cierto que el petróleo, el carbón y el gas natural seguirán constituyendo una parte sustancial de la energía del mundo hasta bien avanzado el siglo XXI, pero no es menos cierto que existe un consenso creciente en cuanto a que estamos avanzando hacia el crepúsculo de un período en el que la totalidad de los costes de nuestra adicción a los combustibles fósiles se están convirtiendo en un lastre para la economía mundial.

La pregunta económica fundamental que todos los países deben plantearse es: ¿Cómo podríamos lograr que la economía global crezca durante estas décadas del ocaso de un régimen energético cuyas externalidades y deficiencias empiezan a pesar más que lo que, en un principio, se consideraron unos beneficios potenciales enormes?

No existen soluciones mágicas para resolver el problema de sostener un crecimiento económico infinito en recursos finitos, pero 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 caminar por el sendero de las soluciones a largo alcance como 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.

Esta es la línea argumental que he seguido para la redacción de este libro que se articula en seis capítulos. En el Capítulo 1 me ocupo del declive de los combustibles fósiles, de los desequilibrios en el consumo que existen entre los países desarrollados, que traerán consigo tensiones geopolíticas muy pronto, y de los intentos de la industria energética y de las agencias gubernamentales de ocultar la realidad para seguir con su negocio habitual: quemar y quemar.

En el Capítulo II describo algo que los economistas del monetarismo no acaban de entender: que el problema del declive de los hidrocarburos no es una cuestión económica y ni siquiera ecológica; es una cuestión de desafío a las leyes de la Física, una lucha que nunca podremos ganar por más dinero que se entierre en la búsqueda de nuevas fuentes energéticas, a cual más creativa, pero siempre basadas en los hidrocarburos sean estos convencionales o no convencionales. De hacer una descripción de qué son los hidrocarburos no convencionales me ocupo en los Capítulos 3 y 4, este último dedicado a las lutitas, la fuente de la nueva “revolución energética”, el shale gas, para cuya explotación se requiere una técnica energéticamente poco rentable y ambientalmente muy agresiva, el *fracking*.

El *fracking* y sus circunstancias son el objeto del Capítulo 5, en el que me ocupo de hacer una aproximación a una tecnología, la de la multifractura hidráulica horizontal, que todavía encierra muchos secretos celosamente ocultados por la industria. El celo por salvaguardar sus patentes lleva también a los operadores a ocultar cuestiones esenciales de la producción como la composición química de los productos que se emplean en la fractura, sobre los cuales hay muchas evidencias de su capacidad de alterar el medio ambiente y de dañar la salud de las personas.

La desgraciada experiencia de las hipotecas *subprime* apunta también a que la “revolución energética” no es un “maná caído del cielo” como proclaman los panegíricos de la industria, sino una más de las maniobras que surgen de Wall Street para manipular el mercado financiero, caiga quien caiga y aunque ello conduzca a la Gran Recesión en la que estamos sumidos. Es algo que también debieran tener muy en cuenta quienes defienden la rentabilidad del *fracking* en nuestro país que, como ocurre en toda Europa, no es otra cosa que la llegada a este lado del Atlántico de una práctica contaminante, ambientalmente destructiva y comercialmente desastrosa que, eso sí, llena los bolsillos de los especuladores de costumbre.

Para mí era muy importante intentar arrojar alguna luz sobre las manipulaciones que tratan de presentar las operaciones de la industria petrolífera y de sus socios financieros como acciones filantrópicas encaminadas a mejorar la vida de las personas y a atajar el dramático problema del desempleo, algo que la experiencia estadounidense -el único lugar del mundo de donde pueden extraerse pruebas empíricas- demuestra que es propaganda barata. A ello le dedico la última parte del Capítulo 5. El Capítulo 6 es un resumen del libro para lectores apesurados.

Complemento del libro son unas Notas Finales que tratan de aclarar algunos términos técnicos o tomados de la jerga petrolera con los que no deben estar familiarizados los lectores españoles. En España, como en tantos otros países, no ha habido jamás una producción significativa de petróleo o gas, así que una buena parte de los términos usados en relación al *fracking* resultan arcanos para el lector medio español, por interesado que esté en el tema. Con objeto de no hacer demasiado voluminoso este libro y como he supuesto que no todos los lectores pueden estar interesados en acceder a las Notas, me ha parecido más adecuado dejarlas en un enlace del Post Carbon Institute (véase Peinado, 2013), desde el que se puede descargar el documento completo. A lo largo del texto, los términos incluidos en las entradas de las Notas Finales se señalan con una anotación específica o se marcan con un asterisco la primera vez que aparecen en el texto.

Termino ya con la última consideración que me animó a escribir este libro. Como ha denunciado el profesor Bill McKibben, fundador de una de las organizaciones ecologistas más activas del mundo, 350.org, en su libro más reciente, *Oil and honey: the education of an unlikely activist* (2013), y recordaba Antonio Muñoz Molina desde las páginas de El País (Muñoz Molina, 2013), “contar una y otra vez que la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera está alcanzando niveles inauditos en toda la historia de nuestra especie, que se funde el hielo en el Ártico y en Groenlandia, que se acidifican los océanos, que a mayor cantidad de vapor de agua en la atmósfera es más fácil que se formen tsunamis destructivos no influye sobre los Gobiernos ni moviliza a la ciudadanía.

El hecho de que los científicos y las organizaciones ecologistas alcen sus voces frente a lo que está pasando sirve de muy poco cuando las empresas petrolíferas tienen directamente comprados a una mayoría significativa de congresistas y senadores americanos, igual que los tuvieron comprados en otra época las empresas tabaqueras, de las que han copiado la estrategia: primero, durante el máximo de tiempo, negar la realidad del calentamiento global, igual que se negó el efecto letal del tabaco; y luego, cuando esa negación ya no sigue siendo posible, confundir a la opinión pública asegurando que las opiniones científicas sobre el asunto están divididas más o menos a partes iguales”.

El mundo es muy grande y el ámbito de acción de una sola persona es muy limitado, pero me parece que la rebeldía personal y la postura de irreverencia crítica hacia la desvergüenza del gran teatro político, por un lado, y del poder económico, por otro, y de mostrar el afecto hacia los grandes espacios de la naturaleza que la fuerza terrible del dinero quiere exprimir hasta la última gota, resultan imprescindibles.

Espero que este libro sirva al menos para eso.  
*Alcalá de Henares, 25 de mayo de 2014*

## 1 EL FIN DE LA ERA DEL PETRÓLEO

La Tierra solo cuenta con dos fuentes de energía: la interna y la externa. La interna procede de su interior, del calor residual de su proceso de formación, del frenado de las mareas que calientan el núcleo externo terrestre, y de las reacciones nucleares de desintegración de elementos radiactivos. La segunda fuente energética es externa, es la que procede del Sol. Solo las energías que derivan de estas dos fuentes pueden considerarse sostenibles porque su suministro, aunque no sea infinito en términos cósmicos, permanecerá mucho más allá de lo que lo haga cualquier vestigio de la civilización humana.

Durante más del 95% del tiempo que el *Homo sapiens* y sus predecesores llevan sobre la Tierra han subsistido usando solo la energía solar y sus derivados (vientos, energía hidráulica y biomasa). Durante este largo periodo la población humana no sobrepasó unos cuantos de millones de individuos. Como nos recuerda Tainter (1988), los avances eran lentos y las civilizaciones se desarrollaban, llegaban a su cenit y luego declinaban hasta llegar a desaparecer cuando superaban los límites de disponibilidad de los recursos energéticos a su alcance o se mostraban incapaces de soportar las fluctuaciones medioambientales.

Todo se aceleró hace más o menos dos siglos.