

Roberto Bermejo

Un futuro sin petróleo

COLAPSOS Y TRANSFORMACIONES SOCIOECONÓMICAS



COLECCIÓN ECONOMÍA CRÍTICA Y ECOLOGISMO SOCIAL

DISEÑO DE COLECCIÓN: ESTUDIO PÉREZ-ENCISO
DISEÑO DE CUBIERTA: JACOBO PÉREZ-ENCISO

© ROBERTO BERMEJO, 2008

© CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PAZ (CIP-ECOSOCIAL)
DUQUE DE SESTO 40
28009 MADRID
TEL: 91 576 32 99
FAX: 91 577 47 26

© LOS LIBROS DE LA CATARATA, 2008
FUENCARRAL, 70
28004 MADRID
TEL. 91 532 05 04
FAX. 91 532 43 34
WWW.CATARATA.ORG

UN FUTURO SIN PETRÓLEO.
COLAPSOS Y TRANSFORMACIONES SOCIOECONÓMICAS

ISBN: 978-84-8319-388-4
DEPÓSITO LEGAL: M-43.473-2008

ESTE LIBRO HA SIDO EDITADO PARA SER DISTRIBUIDO. LA INTENCIÓN DE LOS EDITORES ES QUE SEA UTILIZADO LO MÁS AMPLIAMENTE POSIBLE, QUE SEAN ADQUIRIDOS ORIGINALES PARA PERMITIR LA EDICIÓN DE OTROS NUEVOS Y QUE, DE REPRODUCIR PARTES, SE HAGA CONSTAR EL TÍTULO Y LA AUTORÍA.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS 13

PRÓLOGO 15

CAPÍTULO 1. LA BIOMÍMESIS COMO REQUISITO DE SOSTENIBILIDAD 27

1. Principios de sostenibilidad 28
 - 1.1. La sostenibilidad de los sistemas naturales 28
 - 1.2. Principios de sostenibilidad de los sistemas socioeconómicos 30
 - 1.3. Consecuencias epistemológicas para la ciencia económica 44
2. Transformabilidad 46
 - 2.1. El ciclo adaptativo de los ecosistemas 46
 - 2.2. Aplicabilidad de los SSE de los conceptos que explican el comportamiento natural 52
 - 2.3. El concepto de transformabilidad y sus aplicaciones 54
 - 2.4. Factores de transformabilidad 56
3. Conclusiones 62

CAPÍTULO 2. LOS TECHOS DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES 63

1. Petróleo 65
 - 1.1. Reservas 65
 - 1.2. Los suministradores 69

- 1.3. Oferta 72
- 1.4. Demanda 81
- 1.5. Precios 84
- 1.6. El techo 87
- 2. El techo del gas natural y el conjunto 94
 - 2.1. El techo del gas 94
 - 2.2. El techo conjunto del petróleo y del gas 102
- 3. El techo del carbón 103
- 4. El techo de todos los combustibles fósiles y el cambio climático 106
- 5. Los techos de minerales 109

CAPÍTULO 3. EFECTOS GENERALES PREVISIBLES DE LOS TECHOS DEL PETRÓLEO Y DEL GAS 111

- 1. Efectos sociopolíticos 111
 - 1.1. Concienciación 111
 - 1.2. Agudización de la lucha por el reparto del petróleo y del gas natural 115
 - 1.3. Protocolo de agotamiento 126
- 2. Efectos económicos 127
 - 2.1. Consideraciones generales 127
 - 2.2. Efectos generales 131
 - 2.3. Efectos estructurales 134
 - 2.4. Efectos sectoriales 145
 - 2.5. Efectos sobre los países y capas de población más pobres 158

CAPÍTULO 4. HACIA UNA ECONOMÍA SOLAR 161

- 1. Introducción 161
- 2. Eficiencia 166
- 3. Electricidad renovable 167
 - 3.1. Eólica 167
 - 3.2. Fotovoltaica 173
 - 3.3. Solar termal 180
 - 3.4. Conclusiones 185
- 4. Combustibles 186
 - 4.1. Agrocombustibles 186
 - 4.2. Hidrógeno 193
- 5. Células de combustible 195
 - 5.1. Estrategias de desarrollo del binomio 197
 - 5.2. Desarrollo general 200

- 5.3. Transporte 202
- 5.4. Otras aplicaciones 209
- 5.5. Conclusiones 212
- 6. Construyendo una economía solar 213

CAPÍTULO 5. SOCIEDADES EN EMERGENCIA ENERGÉTICA 219

- 1. Sociedades en transformación a partir de una aguda escasez incidental de petróleo 220
 - 1.1. Dinamarca 220
 - 1.2. Cuba 221
- 2. Sociedades del techo del petróleo 223
 - 2.1. Génesis 223
 - 2.2. Situación y dinámicas 226
 - 2.3. Inicio del proceso 230
 - 2.4. Análisis de vulnerabilidad 232
 - 2.5. Estrategias 239
- 3. Otros movimientos y sociedades ejemplares 249
 - 3.1. Sociedades con objetivos generales 249
 - 3.2. Sociedades avanzadas en energías renovables 252
 - 3.3. Comunidades del hidrógeno 254
 - 3.4. Sociedades del cambio climático 254
- 4. Consideraciones finales 256

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN GENERAL DE LA TRANSFORMABILIDAD Y DE SU TENDENCIA 259

- 1. Potencial 260
 - 1.1. Potencial natural 261
 - 1.2. Potencial de origen social 263
 - 1.3. Balance de los potenciales 273
- 2. Conectividad 275
 - 2.1. Jerarquía 275
 - 2.2. Flujos 280
 - 2.3. Paradigma 285
 - 2.4. Balance de la conectividad 287
- 3. Panarquía 288
- 4. Precariedad 290

**CAPÍTULO 7. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Y TRANSFORMABILIDAD DE GRUPOS DE SOCIEDADES 293**

1. Introducción 293
2. Vulnerabilidad 297
 - 2.1. Sociedades OCDE 297
 - 2.2. Sociedades no OCDE 308
 - 2.3. Sociedades exportadoras de combustibles fósiles 316
3. Transformabilidad de grupos de sociedades 328
 - 3.1. Extremadamente baja 329
 - 3.2. Muy baja 329
 - 3.3. Baja 332
 - 3.4. Media 333
 - 3.5. Alta 336

BIBLIOGRAFÍA 337

PRÓLOGO

Nuestra civilización está en “proceso de colisión” con el mundo natural, tal como nos dice el Aviso a la Humanidad de la Comunidad Científica (realizado en 1992 por más de 1.500 científicos, entre ellos, 99 premios Nobel), y tiene que ser sustituida por otra que sea armónica con la naturaleza, que sea sostenible (UCS, 1992). Resulta abrumadora la información sobre el proceso de colisión, sobre su gravedad y, en consecuencia, se multiplican los avisos de la urgencia del cambio. La ONU viene alertándonos desde hace más de dos décadas. El Informe Brundtland (CMMAD, 1988) afirma que la supervivencia de la humanidad está en peligro. La Declaración del Milenio (Naciones Unidas, 2000) afirma que “no debemos escatimar esfuerzos para liberar a la humanidad, y sobre todo a nuestros hijos y nietos, de la amenaza de vivir en un planeta irremediabilmente deteriorado por las actividades humanas y cuyos recursos no sean nunca más suficientes para sus necesidades”. El artículo 13 de la Declaración de la Cumbre de Johannesburgo constata que “el medio ambiente mundial sigue deteriorándose. Continúa la pérdida de biodiversidad; sigue agotándose la población de peces; la desertificación avanza cobrándose cada vez más tierras fértiles; ya son evidentes los efectos adversos del cambio del clima; los desastres naturales son más frecuentes y devastadores”. Por último, contamos ya con un monumental informe de Naciones Unidas sobre el estado de la Biosfera: el *Millennium Ecosystem Assessment* (Evaluación de los

Ecosistemas del Milenio/EEM). Realizado en la primera mitad de esta década por más de 1.360 expertos, entre sus conclusiones destacan las siguientes:

- “Los efectos indirectos sobre el futuro de los servicios de los ecosistemas que podrían resultar de otros cambios planetarios, tales como el cambio climático, serán de importancia secundaria comparada con los cambios en el uso de la tierra” (MEAB, 2006c: 451).
- “Las actividades humanas han puesto al planeta al borde de una masiva extinción de especies [...] y las presiones sobre los ecosistemas se incrementarán mundialmente en las próximas décadas, a menos que cambien las actitudes y acciones humanas” (MEAB, 2006a: 3).

Por otro lado, no estamos ante una amenaza que afectará sólo a las generaciones venideras. Se vienen produciendo avisos de la urgencia de los cambios que muestran implícitamente que la generación actual también se verá afectada. El Informe Brundtland (CMMAD, 1988) afirma en su “llamamiento para la acción” (que constituye el núcleo de su mensaje): “Somos unánimes en la convicción de que la seguridad, el bienestar y la misma supervivencia del planeta depende de estos cambios [del modelo de desarrollo y de protección del medio ambiente] ya”. El citado Aviso a la Humanidad dice que “no quedan más que una o muy pocas décadas antes de perder la oportunidad de eliminar la amenaza que encaramos ahora y de que la humanidad se encuentre con una perspectiva inconmensurablemente disminuida”. Sin embargo, los informes citados no contemplan el límite natural más próximo: el fin de la era de los combustibles fósiles. Estamos en el inicio de tal proceso y ya estamos empezando a sufrir las consecuencias, especialmente en forma de encarecimiento de las gasolinas. Nuestra civilización se ha construido sobre los combustibles fósiles y la crisis de este modelo energético representa el colapso de nuestra civilización. Colapso que se verá agudizado por los problemas citados anteriormente.

La enorme información existente sobre la gravedad del proceso de colisión y las ya evidentes consecuencias de algunos de los problemas no han dado lugar a políticas transformadoras. Se pueden aducir numerosas causas: la inercia de la sociedad, la limitación del horizonte temporal de los gobernantes al periodo de mandato, el desconocimiento de los problemas, etc. Pero la causa de fondo es el conjunto de visiones y creencias (es decir, el paradigma dominante) que legitiman el modelo de economía de libre mercado y que, a su vez, son determinadas por las premisas centrales sobre las que se asienta este modelo económico. Así que ambos están tan imbricados que no se puede cambiar uno sin cambiar el otro.

El paradigma dominante descansa en varias premisas esenciales. Por primera vez en la historia de la humanidad, la especie humana cree ser la dominante y, por ello, dueña de la naturaleza. Afirma estar aparte del resto de las especies. Ve a la naturaleza como hostil y caótica, visión que se manifiesta en la idea de la *ley de la selva*. Así que identifica el *progreso* con su dominio (“cambiar el medio ambiente según nuestros deseos”) (Schütz, 1999: 24). Porque es necesario eliminar su peligrosidad, ordenar el caos y aumentar su eficiencia, lo cual se considera realizable gracias al desarrollo de la ciencia y la tecnología. Esto lleva a otra premisa: los sistemas naturales manipulados para que maximicen su producción pueden seguir incrementándola indefinidamente y, además, permanecer estables (Walker, 2005: 79). Esta premisa es indispensable para legitimar otra: la del *homo economicus*, un ser que actúa exclusivamente para maximizar su bienestar, identificando éste con la posesión de una cantidad creciente de bienes y servicios. Así que este ser que tiene deseos infinitos (necesidades, según la terminología de la economía estándar) determina que la economía tenga que crecer ilimitadamente para satisfacerlos. Es difícil encontrar en nuestras sociedades una premisa que tenga mayor adhesión. Por supuesto, la defienden los economistas neoclásicos, los empresarios, los políticos y gran parte de nuestras sociedades. Lograr un crecimiento fuerte es la principal baza electoral de cualquier Gobierno, por lo que el paradigma dominante necesita la premisa de que el planeta tiene recursos infinitos y la hace creíble argumentando que el desarrollo científico-técnico permitirá eliminar la escasez coyuntural de algún recurso encontrando otros nuevos para sustituirlo. El Danish Board of Technology (2004: 4) afirma que “la sabiduría convencional de las teorías económicas dominantes se basa en el axioma de que [...] el crecimiento de la producción y el consumo pueden continuar indefinidamente. Las fuerzas del mercado asegurarán que nuevos recursos y nuevas tecnologías estén siempre disponibles”. Al igual que en las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial se nos prometió energía ilimitada y a coste cero mediante el dominio del átomo (en la campaña de “Átomos para la paz”), ahora, con la ingeniería genética, nos prometen la desaparición del hambre, la superación de la enfermedad, el alargamiento extraordinario de la vida, etc. Hjorth y Bagheri (2006: 77) afirman que “hemos creído durante largo tiempo que la ciencia y la tecnología pueden dar soluciones efectivas, aunque no todas, a los problemas ambientales que se enfrenta la sociedad moderna”.

El fundamento del sistema capitalista es la promoción del mercado libre, al considerarlo como el único mecanismo capaz de maximizar el crecimiento, y con él, el flujo de bienes y servicios. La primacía del libre mercado determina

que la competencia frontal sea la fuerza que gobierne el destino de las sociedades. Ello determina un comportamiento agresivo que crea sociedades agresivas. Wheatly y Crineam (2004), expertos en organización de empresas, afirman que “la agresión es no sólo la energía dominante de esta época, sino que es considerada como atributo positivo”. Y constatan que la agresión es el comportamiento más común en muchas organizaciones, como se demuestra en la terminología militar utilizada: “traer la artillería pesada”, “dominar el campo de batalla”, planear “un ataque sorpresa”, etc. Ninguna especie se muestra tan agresiva con sus congéneres como la nuestra. El siglo XX ha sido testigo de dos grandes guerras mundiales y de multitud de guerras locales. Keynes tenía muy claro que los Estados que no saben resolver sus problemas internos tienden a trasladarlos a otros; en las conclusiones de su *Teoría general* incluso llega a afirmar que las causas económicas de la guerra son “la presión de la población y la lucha competitiva por los mercados” (1964: 382). También, el siglo pasado ha sido testigo de la creciente polarización de la riqueza, que lleva a la negación de los bienes y servicios indispensables para la vida, o al menos para una vida digna, a cerca de la mitad de la población humana. Naredo (2006: 217-218) resume muy bien lo dicho: “La especie humana no sólo destaca como la gran depredadora de la biosfera, sino también de sus propios congéneres”.

Domina el pensamiento mecanicista y lineal: “El modelo de pensamiento convencional está basado en una imagen mecánica del mundo y en una causalidad lineal para explicar los fenómenos” (Hjorth y Bagheri, 2006: 77). A la definición de este pensamiento contribuyeron decisivamente Hobbes, Descartes, Locke y Newton, entre otros. Este pensamiento asume que los comportamientos de todos los sistemas (sociales, económicos, etc.) pueden ser determinados mediante el método analítico parcelario, estudiando sus partes constituyentes: “La creencia común es que si conocemos todo sobre las partes, comprenderemos el total” (Hjorth y Bagheri, 2006: 75). Ello es debido a que se considera que los procesos de los sistemas son lineales, es decir, deterministas y finitos, con principios y finales claros. Linealidad significa orden, predictibilidad y leyes universales comprensibles. Así que la interactuación lineal de varios factores determina un resultado previsible (Rihani, 2002: 3). Por ejemplo, si queremos provocar un acontecimiento D debemos manipular los factores A y B , que conocemos porque han sido analizados separadamente. No se admite que entre los factores se produzcan interconexiones que puedan resultar en su modificación mutua y que D , a su vez, pueda modificar a A y B . Este pensamiento mecanicista y lineal se aplica en todas las facetas de la vida. Rostow consideraba que todos los países se desarrollarían según cinco etapas,

que supuestamente habían recorrido ya los países desarrollados. Fukuyama anunció el fin de la historia cuando se derrumbó el bloque soviético. Los programas de ajuste estructural del Fondo Monetario Internacional (FMI) presuponían que la misma receta económica es válida para cualquier país poco industrializado (Rihani, 2002: 4). Este enfoque provoca en el mundo científico una acusada especialización y que cada campo científico permanezca impermeable a los desarrollos del resto de los campos, lo cual ha generado mucho conocimiento, pero poca comprensión holística (Hjorth y Bagheri, 2006).

Este paradigma ampliamente dominante es acientífico, arrogante y suicida (porque no tenemos futuro si continuamos el proceso de colisión), propio de seres poco desarrollados, tal como veremos a continuación.

Después de Darwin “no podemos pretender que somos algo más que un primate evolucionado, un habitante de la Tierra y un miembro de su comunidad de vida” (Callicott, 1999: 335). Además, la ciencia nos ha mostrado que nuestro código genético es extraordinariamente semejante al de muchas especies. No tenemos derecho a destruir algo que no es nuestro, no somos dueños de la naturaleza. Esto era evidente para John Stuart Mill, el economista clásico que en sus *Principios de Economía Política* escribió: “La Tierra no la creó el hombre. Es la herencia original de la especie entera. Su apropiación es por completo una cuestión de utilidad general. Cuando la propiedad privada de la tierra no es útil, es injusta” (1996: 219). Los ecosistemas tienen un valor intrínseco independientemente de su contribución a nuestro bienestar. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio declara: “Desde la perspectiva de muchos puntos de vista éticos, religiosos y culturales los ecosistemas tienen un valor intrínseco” (MEAB, 2006b: 34). En consecuencia, sólo tenemos derecho a ser regentes, tutores o administradores de ella (Bromley, 1998 y 2001), o simplemente huéspedes (De Jongh, 1999: 38). Esta visión se ha plasmado en algunas leyes y declaraciones de instituciones internacionales (Ley de Política Ambiental Nacional de EE UU y Comisión de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas) (Scott, 1999: 141); Declaración de 1990 sobre Desarrollo Sostenible del Gobierno británico (O’Riordan, 1997: 11). Una enmienda a la propuesta de VI Programa de Acción Ambiental aprobada por el Parlamento europeo afirma: “Los recursos naturales del planeta constituyen un bien inalienable de la humanidad y cada generación que los tenga en usufructo deberá conservarlos y transmitirlos a las futuras generaciones”. La única justificación aducida es que “se explica a sí misma” (Parlamento europeo, 2001).

Resulta cuando menos curioso que la especie humana, que nunca ha realizado una función importante en los sistemas naturales, se atribuya el derecho

a dominarlos (Rammel y Staudinger, 2004). Una de las "premisas clave" de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio es que "los seres humanos son una parte integral de los ecosistemas" (MEAB, 2006b: 27). Nuestras necesidades son básicamente las mismas que las del resto de las especies. Necesitamos aire, agua y alimentos limpios, materiales para construir cobijos, energía, etc. Dependemos, según Capra (2002: 230), de los procesos cíclicos de la naturaleza: "Nuestra salud depende de la pureza del aire que respiramos, del agua que bebemos y de la salud del suelo, por medio del cual nuestro alimento es producido", servicios que dependen de la buena salud de los ecosistemas. Por lo que el citado proceso de colisión entre la especie humana y la naturaleza es, en realidad, un proceso de colisión naturaleza-naturaleza, entre una especie destructora y el resto de las especies. Así que este proceso es fruto de nuestra cultura suicida, por lo que "en las décadas próximas la supervivencia dependerá de nuestra cultura, de nuestra habilidad para comprender los principios básicos de la ecología y de vivir de acuerdo con ellos" (Capra, 2002: 230).

La naturaleza no es el caos, sino un orden maravilloso, construido a lo largo de miles de millones de años, en el que todo encaja, nada carece de sentido. Las tecnologías de la naturaleza son muchísimo más eficientes, elegantes y sofisticadas que las nuestras (aparte de ser sostenibles), de las cuales, paradójicamente, nos sentimos muy orgullosos. Por lo que con el tiempo nos iremos dando cuenta de la extraordinaria importancia de la naturaleza como proveedora de conocimiento, de la inmensa aportación de la *biblioteca viviente*. Un ejemplo de su importancia lo tenemos en una hoja: ésta capta el 95% de los fotones que recibe, mientras que la mejor placa fotovoltaica comercial alcanza un rendimiento del 20%; además, la producción de la hoja no da lugar a los peligrosos residuos que se generan en la fabricación de las placas.

Nuestra relación con la naturaleza tiene otras dimensiones, aparte de los bienes y servicios que nos provee. Necesitamos vivir en contacto armónico con ella por calidad y sentido de vida. Vivir en entornos ambientales no degradados constituye un factor imprescindible de la calidad vida. La diáspora periódica de los habitantes de las ciudades hacia zonas de mayor valor ecológico se explica en buena medida por esta necesidad. Está demostrado que trabajamos mejor, nos sentimos más equilibrados y sanamos más rápidamente en entornos naturales. Los niños con graves problemas de relación mejoran mucho en contacto controlado con animales. Algunos autores denominan *biofilia* a esta tendencia innata de buscar el contacto con la naturaleza (Orr, 2002: 25).

El sentido de la vida es un concepto mucho más difícil de comprender. Se le atribuyen múltiples dimensiones, las cuales desbordan el marco de este

libro. Por ello sólo tocaré la relacionada con las funciones que la especie humana es capaz de realizar en la naturaleza. Entre ellas cabe destacar la de convertirnos en "herramientas de la naturaleza" (McDonough y Braungart, 2002: 156): regenerando, dentro de lo posible, los espacios naturales degradados o destruidos; transformando la tecnosfera actual (que constituye el motor de destrucción) en otra que permita vivir en equilibrio con la naturaleza, integrando la naturaleza en las ciudades, creando edificios que "como los árboles producen más energía que la que consumen y que purifican sus aguas residuales" (McDonough y Braungart, 2002: 90); compensando el inevitable deterioro de la naturaleza que algunas actividades provocan con otras que mejoren las cualidades biofísicas del entorno, al estilo de las comunidades campesinas tradicionales que han mejorado la calidad de la tierra. El avance del conocimiento sobre la naturaleza nos permite realizar estas actividades de forma más eficiente y segura. Pero es necesario actuar con precaución, dado que la naturaleza es incommensurable, y por ello nunca lograremos una comprensión total.

Atenta contra el sentido común la afirmación de que los recursos naturales son inagotables y que, por lo tanto, nuestra economía puede crecer ilimitadamente en un planeta finito. La idea del crecimiento infinito comparte la filosofía de una célula cancerosa, que tiende a reproducirse infinitamente, lo cual es una anomalía que lleva a la muerte del individuo si el tumor no es extirpado. Esta idea resulta aún más absurda si tenemos en cuenta que nos reproducimos más como bacterias que como primates. En los 150 años que van desde 1850 hasta 2000 la población se ha multiplicado por seis, pasando de 1.000 millones a 6.000. Y, sin embargo, en el periodo entre los 200.000 y 40.000 años anteriores, la población se mantuvo en unos cinco millones. El crecimiento de la población mundial seguirá su curso hasta algún punto entre los 9.000 y 10.000 millones, si no se produce una escasez aguda de alimentos, lo cual es altamente probable debido a la reducción de tierra cultivable y a la escasez de agua, problemas agravados, además, por el cambio climático. Esta explosión poblacional lleva a T. Hartmann (1999) a la conclusión de que en 1990 la especie humana sobrepasó en número a las ratas, convirtiéndose en el mamífero más numeroso. Por lo que Lovelock puede afirmar que somos "una plaga" (Jones, 2007).

La idea del crecimiento infinito es más que una idea absurda, es el producto de personas disfuncionales. Las antiguas religiones y tradiciones espirituales contienen un doble mensaje. Por un lado, el reconocimiento de que el estado mental normal de la mayoría de los seres humanos es en gran medida disfuncional, de sufrimiento. *Pecado*, en griego antiguo, significa "fallar en el

objetivo, no acertar con el sentido de la vida humana”. Y, por otro lado, la visión de que sus enseñanzas constituyen el medio para acabar con la disfunción y el sufrimiento (Tolle, 2006: 19). Además, estas tradiciones espirituales enseñan, casi sin excepción, que no respetar a la naturaleza es parte de la disfunción. Por el contrario, esta civilización ha suplantado las visiones ancestrales (de vivir en armonía con la naturaleza y de búsqueda del sentido de la vida) por la visión de *progreso*, entendido como el acceso creciente a nuevos bienes y servicios (Naredo, 2006: 118). El mundo antiguo también consideraba disfuncional el acaparamiento de riqueza. Los estudios sociológicos realizados en países OCDE nos muestran que las personas no se declaran más felices al aumentar sus rentas a partir de las que permiten satisfacer las necesidades esenciales; las menos felices son las que buscan aumentar sus rentas para subir en la escala social (Mulder *et al.*, 2005-6).

Mientras que no se cambie la premisa de crecimiento ilimitado, no se podrá alcanzar la sostenibilidad: “No es probable la protección de los servicios naturales mientras sean percibidos como libres e ilimitados” (MEAB, 2006a: 21). La premisa de que la ciencia y la tecnología evitarán la limitación de recursos se ve crecientemente cuestionada: “Así que el sistema científico se enfrenta a una crisis de legitimidad, y últimamente de poder, en la medida de que hay un sentimiento creciente en muchos ámbitos de que la ciencia no está respondiendo adecuadamente a los retos de nuestro tiempo y, particularmente, el que representa el desarrollo sostenible” (Hjorth y Bagheri, 2006: 75).

El pensamiento científico mecanicista y lineal resulta inadecuado para comprender el funcionamiento de la naturaleza y de las sociedades, porque ambos son sistemas complejos adaptativos. Es decir, todos los elementos se interrelacionan; los cambios en un elemento repercuten en el resto, dando lugar a veces a cambios desproporcionados; los elementos tienen escalas temporales, umbrales y límites muy diversos. El resultado es que muestran un elevado grado de aleatoriedad en su comportamiento. Proponer al mercado como el instrumento privilegiado para resolver los problemas económicos, sociales y ecológicos supone ignorar el orden jerárquico natural (en el que los sistemas mayores ocupan la cúspide de la pirámide), lo que provoca un efecto contrario al que se le supone: en lugar de resolver los problemas, contribuye decisivamente a la destrucción de la naturaleza, a la polarización en el reparto de las rentas y a la desintegración social.

La confluencia de seres disfuncionales y la posesión de tecnologías de alto poder destructivo crea una situación altamente peligrosa. Por ello urge la sustitución del paradigma actual por el que he venido apuntando. Resumamos

algunos de sus rasgos principales: somos parte de la naturaleza; no somos la especie dominante, por lo que no tenemos derecho a esquilmar la Tierra (lo cual es, además, un acto suicida); ni la economía ni la población pueden crecer ilimitadamente en un planeta finito; la naturaleza muestra un orden perfecto, maravilloso; debemos respetarla, comportándonos como regentes o administradores, por calidad de vida y, en última instancia, por supervivencia; debemos aprender a convivir con ella imitándola; debemos sustituir el pensamiento lineal y mecanicista por el sistémico, porque es la única forma de que podamos comprender y, en consecuencia, prever las dinámicas de los sistemas natural y social; el mercado debe estar al servicio del logro de estos objetivos, por lo que no debe ser amo, sino siervo; la cooperación debe dominar a la competencia.

El paradigma analizado se convirtió en dominante gracias a la utilización de los combustibles fósiles, lo cual permitió una muy fuerte elevación de la energía per cápita utilizada y, gracias a ella, se hizo creíble la idea de un ser humano todopoderoso, del *homo colossus* (Catton, 2005). Pero en el fin de la era de los combustibles fósiles tal idea resulta ridícula. Fui consciente de que el petróleo empezaba a escasear en enero de 1998, cuando Antonio Valero, catedrático de Termodinámica de la Universidad de Zaragoza, me envió un artículo de un geólogo del petróleo, llamado Colin Campbell, publicado en diciembre de 2007 por *Gas & Oil Journal*. El autor llevó a cabo un estudio extenso de los principales países exportadores y llegó a la conclusión de que el crecimiento de la “producción” mundial de petróleo empezaba a debilitarse, por lo que los precios pronto empezarían a ser más altos. Preveía que se alcanzase una cota máxima de extracción un poco antes de 2010. Lógicamente, me produjo una gran impresión y empecé a buscar información sobre el tema. Al principio era muy escasa, pero poco a poco fue creciendo hasta la explosión actual. Ello me permitió que en mi libro *La gran transformación hacia la sostenibilidad* (2005) pudiera incluir un largo capítulo dedicado al petróleo y al gas natural. Al acabarlo, decidí iniciar la elaboración de este libro, con el doble objetivo de tener una idea mucho más clara sobre los techos del petróleo y del gas natural y, especialmente, de sus consecuencias: de sus efectos y de las transformaciones que urgía promover para paliar el colapso energético.

A medida que iba avanzando en el estudio, me fui dando cuenta de que había otros muchos procesos de agotamiento de recursos fundamentales. No sólo se estaban agotando el petróleo y el gas natural, sino también el carbón y gran parte de los minerales estratégicos. Así que el citado proceso de colisión con la naturaleza iba tomando dimensiones concretas y crecientemente amenazadoras. Pero, al mismo tiempo, tengo claro que esta situación constituye

una oportunidad única para parar el proceso de colisión (evitándose así catástrofes futuras difíciles de imaginar). De manera que el problema me produce sentimientos ambivalentes. Uno positivo: el paulatino agotamiento del modelo energético actual mostrará a la población que el proceso de colisión con la naturaleza es una realidad tangible, que obliga a realizar transformaciones hacia la sostenibilidad que hasta hace poco se consideraban utópicas. Otro negativo: el colapso va a provocar impactos muy fuertes, pero especialmente en las sociedades más pobres.

La elaboración de este libro me ha resultado mucho más complicada de lo que preveía. Es difícil alcanzar una visión bastante precisa sobre las reservas de combustibles fósiles cuando los actores principales están interesados en falsearlas. Y ello dificulta obtener una idea clara sobre el ritmo de agotamiento de los yacimientos existentes y sobre la capacidad de extracción actual y futura de los principales países exportadores. Esta información resulta esencial para estimar de forma fiable el momento en que las extracciones alcancen la máxima cota y la forma de la curva de las mismas en ese momento y en los años siguientes. Estimaciones que son imprescindibles para poder determinar la magnitud de los impactos. Esta complejidad y el desarrollo acelerado del fenómeno me han llevado a lo largo de más de tres años de confección del libro a plantearme diversas hipótesis sobre la situación actual y el desarrollo futuro que he tenido que descartar, exceptuando lógicamente la última. Lo que ha obligado a volver a redactar muchos textos, y no sólo los específicos, sino también otros que se basaban en enfoques superados. Otro problema al que me he tenido que enfrentar ha sido la escasez de estudios sobre las consecuencias, porque gran parte del debate se ha centrado en la polémica sobre la existencia misma de una crisis energética. Pero, a medida que este debate se ha ido clarificando, han empezado a crecer los estudios. Además, algunas consecuencias comienzan a ser visibles. Otro reto para mí ha sido la necesidad de basarme en los últimos datos disponibles para poder realizar análisis lo más ajustados posibles a la realidad (y por tanto más duraderos), a pesar de que tales datos tienen un carácter *fungible*. Todos estos hechos han determinado que el trabajo invertido en este libro haya sido particularmente intenso.

Por último, siempre resulta problemático para cualquier autor elegir el momento de acabar un libro, puesto que las obras son siempre perfectibles. En este caso el problema se hace mucho más difícil, porque el fenómeno objeto de estudio está cambiando rápidamente y su ritmo se acelera y el flujo de información es cada vez más abundante y rico. Por otro lado, el que el objeto de estudio sean fenómenos que cambian rápidamente repercute fuertemente en las

fuentes de información a utilizar. En muchos otros temas los ritmos de cambio son mucho más moderados y es recomendable y posible acudir a la información de libros y de artículos de revistas; en este caso, la información anterior ha tenido que ser complementada (y de forma decisiva en los textos que describen los fenómenos y sus consecuencias que se están haciendo patentes) con la información aportada por múltiples direcciones de Internet, que recopilan de forma continua los flujos de información.

Al analizar el índice, puede pensarse que el capítulo inicial no concuerda con la temática del libro. Sin embargo, lo considero necesario por varios motivos. Define las herramientas de análisis de los fenómenos estudiados. El enfoque biomimético que utilizo me permite, por un lado, definir los principios de sostenibilidad que posteriormente utilizo para evaluar las transformaciones que se están produciendo en ciertos sectores y en algunas sociedades; por otro, constituye la base para la definición del concepto de transformabilidad y de los factores que lo explican, que son instrumentos necesarios para realizar los análisis prospectivos de los dos últimos capítulos. El capítulo 2 se centra en el análisis de la situación de los combustibles fósiles y, aunque en gran medida está dedicado al petróleo, también analizo la del gas y, en menor medida, la del carbón. Además, realizo dos pequeñas incursiones en el cambio climático y en el agotamiento de muchos minerales. En el capítulo 3 analizo las transformaciones generales y sectoriales que se empiezan a producir y defino sus posibles desarrollos futuros. En el capítulo 4 estudio las alternativas energéticas sostenibles, tanto en la generación eléctrica como en el campo de los combustibles, y en el 5 analizo el movimiento de las sociedades que son conscientes de la actual situación de emergencia energética. Los dos capítulos finales están contruidos básicamente a partir de la información aportada por los capítulos anteriores. En el capítulo 6 analizo los cambios que se están produciendo en los cuatro factores de transformabilidad, para inferir una evaluación genérica y altamente incompleta (porque la magnitud de la tarea requiere que sea abordada por potentes equipos multidisciplinares) de la transformabilidad del sistema socioeconómico general. En el capítulo 7 estudio (también de forma muy provisional por el mismo motivo que en el caso anterior) la vulnerabilidad y transformabilidad de grupos de países que considero que tienen importantes características comunes.

