

UN MUNDO FRÁGIL  
HACER FRENTE A LAS AMENAZAS PARA  
LA SOSTENIBILIDAD

LA SITUACIÓN DEL MUNDO 2015  
INFORME ANUAL DEL WORLDWATCH INSTITUTE

*Directores del proyecto*

Gary Gardner, Tom Prugh y Michael Renner

*Editora*

Lisa Mastny

Katie Auth  
Ben Caldecott  
Peter Daszak  
Heather Exner-Pirot  
Gary Gardner

François Gemenne  
Nathan John Hagens  
Tim Jackson  
William B. Karesh  
Elizabeth H. Loh

Catherine C. Machalaba  
Tom Prugh  
Robert Rapier  
Michael Renner  
Peter A. Victor

**FUHEM**  
ecosocial

**Icaria** ✿ editorial

Este libro ha sido impreso en papel 100% Amigo de los bosques, proveniente de bosques sostenibles y con un proceso de producción de TCF (Total Chlorine Free), para colaborar en una gestión de los bosques respetuosa con el medio ambiente y económicamente sostenible.

Título original: *State of the World 2015*

Diseño de la cubierta: Joan Carbonell

Traducción del inglés: Isabel Bermejo y Mar Garzón

Primera edición: septiembre de 2015

© Worldwatch Institute, 2015

© FUHEM Ecosocial  
c/ Duque de Sesto, 40 /28009 Madrid

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

ISBN: 978-84-9888-673-3

Depósito legal: B 22428-2015

Fotocomposición: Text Gràfic

Impreso por Romanyà/Valls, s.a.  
Verdaguer 1, Capellades (Barcelona)

Impreso en España. Prohibida la reproducción total o parcial.

## JUNTA DIRECTIVA DEL WORLDWATCH INSTITUTE

Ed Groark,  
*Presidente de la Junta y  
presidente en funciones  
del Instituto*  
ESTADOS UNIDOS

Robert Charles Friese,  
*Vicepresidente*  
ESTADOS UNIDOS

Nancy Hitz,  
*Secretaria*  
ESTADOS UNIDOS

John Robbins,  
*Tesorero*  
ESTADOS UNIDOS

L. Russell Bennett, Esq.  
ESTADOS UNIDOS

Mike Biddle  
ESTADOS UNIDOS

Cathy Crain  
ESTADOS UNIDOS

Tom Crain  
ESTADOS UNIDOS

James Dehlsen  
ESTADOS UNIDOS

Edith Eddy  
ESTADOS UNIDOS

Christopher Flavin  
ESTADOS UNIDOS

Ping He  
ESTADOS UNIDOS

Jerre Hitz  
ESTADOS UNIDOS

Bo Normander  
DINAMARCA

David W. Orr  
ESTADOS UNIDOS

Richard Swanson  
ESTADOS UNIDOS

*Eméritos*  
Øystein Dahle  
NORUEGA

Abderrahman Khene  
ARGELIA

## PERSONAL DEL WORLDWATCH INSTITUTE

Katie Auth,  
*Investigadora asociada,  
Programa Energía  
y Clima*

Barbara Fallin,  
*Directora de administración  
y finanzas*

Gaelle Gourmelon  
*Responsable de marketing y  
comunicaciones*

Mark Konold,  
*Investigador asociado y  
responsable del programa  
para el Caribe del  
Programa Energía y Clima*

Max Lander  
*Investigador Asociado,  
Programa Energía y Clima*

Haibing Ma  
*Responsable del Programa  
para China*

Lisa Mastny  
*Editora senior*

Donald Minor  
*Responsable de promoción,  
relaciones con clientes y  
asistente administrativo*

Evan Musolino  
*Investigador asociado y  
responsable del proyecto  
Indicadores Energéticos del  
Programa Energía y Clima*

Alexander Ochs  
*Director del Programa  
Energía y Clima*

Tom Prugh  
*Codirecto de La situación del  
mundo*

Mary C. Redfern  
*Directora de relaciones  
institucionales y promoción*

Michael Renner  
*Investigador senior*

## COLABORADORES, ASESORES Y CONSULTORES DEL WORLDWATCH INSTITUTE

Erik Assadourian  
*Colaborador senior*

Robert Engelman  
*Presidente emérito/  
Colaborador senior*

Christopher Flavin  
*Presidente emérito/  
Colaborador senior*

Gary Gardner  
*Colaborador senior*

Corey Perkins  
*Responsable de informática*

Lyle Rosbotham  
*Consultora, arte y diseño*



# Introducción



## El germen de las amenazas modernas

*Michael Renner*

Unas 400.000 personas se manifestaban en Nueva York el 21 de septiembre de 2014 para exigir a los dirigentes gubernamentales, allí reunidos para una Cumbre sobre el Clima, que pasaran de las palabras a la acción. Esta protesta era la mayor de más de 2.600 actos reivindicativos en todo el mundo. Las manifestaciones eran la culminación de décadas de activismo climático creciente, que inició su andadura poco después de que el Dr. Hansen introdujese en la agenda política la cuestión del cambio climático. En un día de calor oportunamente sofocante de junio 1988, James Hansen, director entonces del Goddard Institute for Space Studies de la NASA, declaró ante la Comisión de Energía y Recursos Naturales del Senado de EEUU que el cambio climático no constituía un fenómeno natural, sino que era debido a que las actividades humanas estaban provocando una acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.<sup>1</sup>

Hansen no era desde luego el primer científico que teorizaba sobre un cambio climático inducido por los seres humanos. Este tipo de estudios se remontan ya a finales del siglo XIX, pero fue en las décadas de 1960 y 1970 cuando los científicos empezaron a considerar cada vez más convincente el potencial de calentamiento de gases como el dióxi-

---

<sup>1</sup> Michael Renner es investigador senior del Worldwatch Institute y codirector de *La situación del mundo 2015*.

do de carbono. En febrero de 1979 la Declaración de la Conferencia Mundial sobre el Clima de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) concluía que «parece plausible que un aumento del volumen de dióxido de carbono en la atmósfera puede contribuir al calentamiento gradual de sus capas más bajas. [...] Es posible que algunos de los efectos a escala global y regional puedan ser detectables antes de finales de siglo y convertirse en importantes antes de mediados del próximo». El ritmo de los estudios climáticos se había acelerado en la década de 1980, y la OMM y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ya crearon en 1988 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).<sup>2</sup>

Fue Hansen, sin embargo, quien transmitió un inconfundible sentido de urgencia, diciendo a los senadores congregados en 1988 que: «es hora de dejarse de tanto divagar y de afirmar que disponemos de evidencias muy potentes de que el efecto invernadero ya está aquí». No obstante, su declaración solo marcó el comienzo de una prolongada



NASA

*Izquierda:* James Hansen testifica en el Congreso de EEUU en 1988.

*Derecha:* Hansen arrestado durante una protesta ciudadana en 2011.



Ben Powless

pugna para lograr que los gobiernos, las corporaciones y la sociedad en general comprendan que es la actividad de la propia humanidad la que ha generado un problema sin parangón, y actúen en consecuencia.<sup>3</sup>

Durante el pasado cuarto de siglo se han producido grandes cambios. Desde los primeros descubrimientos de Hansen, los modelos climáticos se han vuelto cada vez más sofisticados, se ha multiplicado el trabajo de observación y el consenso científico se ha consolidado. Los gobiernos del mundo se reunieron en 1992 y establecieron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la primera de una serie de Conferencias de las Partes (COP) anuales encargadas de negociar un tratado climático mundial. El cambio climático, término reservado antes para unos cuantos especialistas, ha pasado a formar parte del lenguaje cotidiano. El número de estudios e informes sobre los impactos del clima y sus posibles soluciones se ha disparado. A finales de 2013, el IPCC concluía que «es muy probable que la influencia humana haya sido la causa principal del calentamiento observado desde mediados del siglo XX».<sup>4</sup>

Sin embargo, la retórica grandilocuente ha superado con mucho a la acción. Las negociaciones sobre el clima han fracasado en lograr el acuerdo audaz que el mundo necesita desesperadamente. El sentido de urgencia impulsó al propio Hansen a reorientar en los últimos años sus esfuerzos de investigación científica hacia el activismo, lo que incluso le ha llevado a ser detenido varias veces en protestas ciudadanas notorias.

Ahora nos encontramos, curiosamente, en la era del *sosteniblablá*, que se caracteriza por una proliferación desbocada de reivindicaciones de sostenibilidad. Pero a pesar de la abundancia de adjetivos como *bajo en carbono, neutro para el clima, respetuoso con el medio ambiente y ecológico*, existe una notable ausencia de comprobaciones significativas sobre si determinadas actuaciones gubernamentales y empresariales merecen realmente calificarse de tal modo.<sup>5</sup>

Mientras tanto, intereses muy poderosos asociados al negocio de los combustibles fósiles se han movilizad con gran eficacia para frustrar cualquier intento de actuación que se desmarque de estos vanos alardes, sembrando la duda y la confusión sobre la ciencia del clima y oponiéndose o retrasando la adopción de políticas eficaces. Esto me lleva a recordar una cita del autor Upton Sinclair, que exclamó una vez: «¡Resulta difícil conseguir que una persona entienda algo cuando su salario depende de que no lo entienda!».<sup>6</sup>

El crecimiento económico indefinido impulsado por un consumo desenfrenado es tan fundamental para las economías modernas y está tan

arraigado en el pensamiento de los dirigentes empresariales y políticos, que las actuaciones ambientales se siguen percibiendo a menudo como contrarias a la economía y son relegadas a un rango inferior. Nuestro sistema económico es como un gran tiburón blanco, que necesita que el agua circule constantemente a través de sus agallas para captar oxígeno, y muere si deja de moverse. Por tanto, el reto es más amplio que un mero conjunto de cambios tecnológicos. Como defiende la activista Naomi Klein, salvar el clima requiere reconsiderar los mecanismos fundamentales del sistema económico supremo del mundo: el capitalismo.<sup>7</sup>

Rehuyendo esta propuesta radical de cambio, los gobiernos y las instituciones internacionales están alineándose en apoyo de un *crecimiento verde* —concepto que reafirma la importancia fundamental del crecimiento económico y elude cualquier crítica a las dinámicas subyacentes que han llevado a la civilización humana al borde del abismo. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el «crecimiento verde significa promover el crecimiento económico y el desarrollo al tiempo que se garantiza que los activos naturales siguen proporcionando los recursos y servicios ambientales de los que depende nuestro bienestar».<sup>8</sup>

La situación apurada de la humanidad constituye tan solo la última manifestación —si bien con mucho la más problemática— de que su trayectoria choca con los límites del planeta. El estrés ecológico es evidente en muchos sentidos, desde la pérdida de especies, la contaminación atmosférica y de las aguas y la deforestación, hasta la muerte de los arrecifes de coral, el agotamiento de las pesquerías y la desaparición de humedales. La capacidad del planeta de absorber residuos y contaminantes está cada vez más explotada.

La *Evaluación de los ecosistemas del milenio* reveló que más del 60% de los bienes y servicios ecosistémicos estaban degradados o utilizados de forma insostenible incluso hace una década. En la actualidad el 52% aproximadamente de las pesquerías comerciales está totalmente explotado, alrededor del 20% está sobreexplotado y el 8% está agotado. El número de zonas oceánicas muertas por falta de oxígeno y que no pueden sustentar la vida marina se ha multiplicado por dos todas las décadas desde 1960; en 2008 había más de 400 zonas de este tipo, que afectaban a una superficie equivalente al Reino Unido. El declive de las abejas y de otros polinizadores está poniendo en peligro los cultivos agrícolas y los ecosistemas. La contaminación atmosférica de las ciudades provoca millones de muertes prematuras todos los años. La Organización Mundial de la Salud revisó recientemente al alza sus estimaciones de muertes debido a la contaminación atmosférica, que en 2012 ascendían a unos 7 millones de

personas —más del doble de los cálculos anteriores, lo que implica que la contaminación atmosférica constituye por sí sola el riesgo ambiental de mayor gravedad para la salud.<sup>9</sup>

## Una espada de doble filo

¿Cómo hemos podido llegar a esta situación? El inicio de la agricultura constituyó el primer hito importante del proceso humano de reclamar crecientemente para sí los recursos del planeta, seguido a finales del siglo XVIII por la Revolución Industrial. Según el historiador ambiental J. R. McNeill, la agricultura itinerante mejoró la ingesta de calorías, incrementando así la disponibilidad de energía quizás 10 veces por encima de la disponible en las sociedades cazadoras y recolectoras. La agricultura sedentaria proporcionó un nuevo incremento, multiplicando la disponibilidad por 10, y la domesticación animal (buey, caballo, etc.) ofreció una potencia muscular concentrada para el transporte y la labranza de las tierras. Estos fueron los comienzos de la producción de un excedente energético, si bien todavía modesto.<sup>10</sup>

La Revolución Industrial incrementó este excedente hasta niveles nunca vistos, lo que permitió al ser humano dominar los sistemas biofísicos de la Tierra. La invención de la máquina de vapor permitió a las sociedades en proceso de industrialización explotar el carbón como fuente primaria de energía, sustituyendo y aumentando la fuerza muscular del ser humano y de sus animales domésticos. En 1900 los motores de vapor habían llegado a ser 30 veces más potentes que las primeras máquinas de hacia 1800. En ese momento, a finales del siglo XIX, hacen su aparición los motores de explosión, más eficientes y potentes que los de vapor, permitiendo la generación de electricidad y ofreciendo un medio de transporte de masas.<sup>11</sup>

El período desde comienzos de la Revolución Industrial ha presenciado avances científicos y técnicos asombrosos. A mediados del siglo XVIII se publicaban solo 10 revistas científicas, mientras que su número asciende hoy a decenas de miles, con estimaciones que van desde 25.000 hasta 40.000. Desde el principio de la Revolución Industrial quizás se hayan publicado unos 50 millones de artículos científicos, lo que supone entre unos 1,4 millones y 1,8 millones de artículos anuales. Aunque resulta difícil medirlo, un estudio calcula que el número de publicaciones científicas está creciendo posiblemente a un ritmo anual del 8-9%, muy por encima del 2-3% desde mediados del siglo XVIII hasta 1945, y que el menos del 1% anterior.<sup>12</sup>

La segunda mitad del siglo XX marcó particularmente el inicio de un grado de progreso sin precedentes en muchos campos, con enormes avances en salud, disponibilidad de alimentos, bienestar material y longevidad. Sin embargo, estos avances han tenido un alto coste para los ecosistemas y los recursos del planeta. Con frecuencia los avances técnicos se buscaron obstinadamente, pecando de falta de mesura y de sabiduría que considerase sus repercusiones a largo plazo sobre el mundo natural. En otras palabras, la ciencia es una espada de doble filo: apunala el impresionante progreso que actualmente dan por sentado las sociedades modernas, pero hace posible también el proceso que convierte en mercancía hasta el último recurso del planeta.<sup>13</sup>

En gran medida esto es resultado de grandes fuerzas evolutivas —los factores genéticos, culturales y de desarrollo que influyen y determinan el comportamiento humano. La habilidad humana para hacerse con los recursos de la Tierra, junto con la competencia económica y política que impulsa a los gobiernos, las empresas y los individuos, han supuesto que existieran muy pocos factores limitantes a la actuación humana —si es que ha habido alguno. Esta falta de limitaciones es posible que sea la mayor amenaza para la supervivencia de la humanidad. Como señalaba J. R. McNeill, «las mismas características que aseguraron nuestro éxito biológico a largo plazo —adaptabilidad e inteligencia— nos han permitido erigir recientemente una civilización altamente especializada basada en los combustibles fósiles y tan ecológicamente perturbadora que nos garantiza sorpresas y conmociones».<sup>14</sup>

Los innumerables descubrimientos e invenciones de la época industrial se han sustentado en una energía fósil barata y abundante. Durante el siglo XX el ser humano ha consumido quizás 10 veces la energía utilizada 1.000 años antes. El carbón, el petróleo y el gas natural no solo contienen mucha más energía que las fuentes tradicionales, como la madera, sino que su versatilidad permite que sean utilizados para muchos fines distintos, como calentar y enfriar, producir electricidad, procesos industriales y diversas formas de transporte.<sup>15</sup>

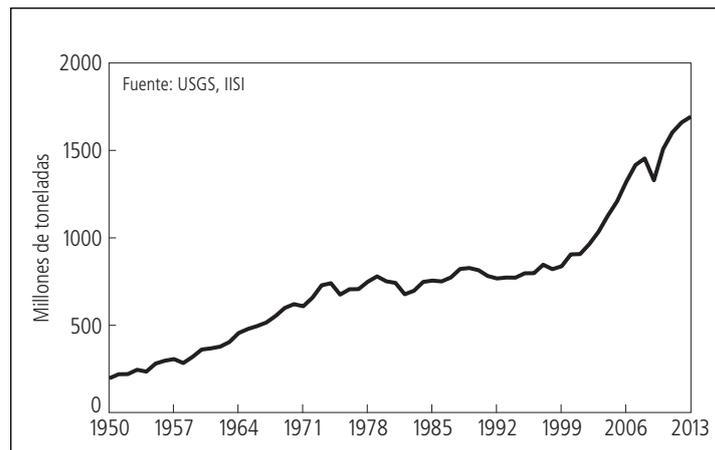
La producción mundial de carbón se disparó desde unos 10 millones de toneladas en 1800 hasta 762 millones en 1900. En el 2000 alcanzó los 4.700 millones de toneladas, incrementándose después a casi 7.900 millones en 2013, más de 10 veces de aumento desde 1900. La producción mundial de petróleo no se inició hasta finales del siglo XIX, pero creció rápidamente desde 20 millones de toneladas en 1900 hasta 3.260 millones en el año 2000, y a 4.130 millones en 2013 —un incremento de 207 veces desde 1900.<sup>16</sup>

Las sociedades preindustriales dependían de un abanico y volumen limitados de materiales, desempeñando un papel principal la madera, la cerámica, el algodón, la lana y el cuero. Por el contrario, las sociedades industrializadas consumen decenas de miles de materiales muy versátiles extraídos de la totalidad de los elementos existentes naturalmente. Materiales como el plástico y el aluminio son actualmente ubicuos (reportando numerosas ventajas y generando contaminación), pero sus inicios se remontan tan solo a finales del siglo XIX.<sup>17</sup>

Los metales han sido utilizados desde hace mucho por el ser humano, pero su empleo a escala masiva constituye un fenómeno relativamente reciente. La producción mundial de metales aumentó de 30 millones de toneladas en 1900 a 198 millones en 1950. Tras alcanzar los 740 millones de toneladas en 1974, su producción se estabilizó durante los siguientes 20 años. A esta etapa le siguió otra fase de rápido crecimiento, impulsada principalmente por la expansión económica de China, que hizo que la producción alcanzase los 1.700 millones de toneladas en 2013 (véase el gráfico 1-1). El grueso de esta cifra puede atribuirse a la producción de acero, que se multiplicó por 55,8 desde 1900 y por 8 desde 1950. La producción de aluminio se multiplicó por 32 desde 1950, la de cobre y zinc entre 6 y 7 veces, y la de plomo y oro aproximadamente por 3.<sup>18</sup>

La presencia de compuestos químicos está tan extendida que un informe del PNUMA señalaba en 2013 que «casi no existe ninguna

Gráfico 1-1. Producción mundial de metales, 1950-2013



industria donde no se utilicen sustancias químicas, y no hay ningún sector económico donde los productos químicos no desempeñen un papel importante». Desde 1900 se han sintetizado aproximadamente 10 millones de compuestos químicos, y unos 150.000 se utilizan en aplicaciones comerciales —aunque nadie sabe realmente la cifra exacta. La producción mundial de la industria química aumentó desde 171.000 millones de dólares en 1970 a 4,1 billones en 2010 (en dólares nominales). La venta mundial de productos químicos se multiplicó por más de dos durante la pasada década, debido también en gran parte a China, donde casi se triplicó la producción.<sup>19</sup>

Todos los años salen al mercado nuevos productos químicos —tan solo en Estados Unidos una media de 700. El aumento del número de compuestos, su creciente complejidad y una cadena de suministro cada vez más complicada están generando preocupación por la posibilidad de que una gestión deficiente de los productos químicos suponga peligros considerables para la salud de las comunidades y de los ecosistemas. Esta industria constituye un ejemplo perfecto de la combinación de beneficios y amenazas ocultas tan característica de los tiempos modernos.<sup>20</sup>

El incremento en la utilización de fertilizantes sintéticos constituye un aspecto clave de la agricultura industrializada de nuestros días (junto con un consumo elevado de energía y agua y de insumos como los pesticidas). En 1940 se utilizaban en el mundo unos 4 millones de toneladas de fertilizantes. En 2000 esta cifra había alcanzado los 137 millones de toneladas, y en 2013 unos 179 millones. Como nos recuerda J. R. McNeill, sin fertilizantes «la población del mundo necesitaría aproximadamente un 30% más de tierras de cultivo de buena calidad». La utilización masiva de fertilizantes sintéticos ha llevado a una contaminación muy extendida de las aguas. Ha contribuido también a consolidar una producción de alimentos limitada a un reducido número de cultivos que responden bien a las aplicaciones de fertilizantes, dando lugar a la expansión de grandes monocultivos. Y la fabricación de fertilizantes es muy intensiva en energía, un elemento importante en la industrialización de la agricultura.<sup>21</sup>

La calidad del aire es uno de los ámbitos donde se manifiestan de forma más dramática las consecuencias de la industrialización. Durante la mayor parte de la historia humana la contaminación atmosférica tenía un carácter local y limitado, pero durante el siglo XX creció exponencialmente, a medida que se expandían la calefacción, la producción eléctrica, la fundición de metales, el transporte motorizado, la incineración de basuras y otras muchas actividades humanas.

Los automóviles proporcionan una movilidad individual extraordinaria, pero han sido uno de los principales responsables de la contaminación atmosférica urbana. El número de coches producidos en las cadenas de montaje pasó de menos de 10.000 en 1900 a 8 millones en 1950, y se disparó a 85 millones en 2013. De 25.000 coches que posiblemente circulaban por las carreteras en 1900 y menos de un millón en 1910, el parque móvil automovilístico mundial se acercaba en 1960 a 100 millones de vehículos y había cruzado el umbral de los 1.000 millones en 2013.<sup>22</sup>

### Control de la contaminación y nuevas olas de crecimiento

La contaminación atmosférica masiva constituyó una de las cuestiones emblemáticas del movimiento ecologista moderno, incipiente a principios de la década de 1970. Con el tiempo, empujaría a los gobiernos de los países industrializados a establecer medidas de control y a obligar a la industria a desarrollar tecnologías productivas más eficientes. En Estados Unidos las emisiones de dióxido de azufre se redujeron en un 83% entre 1970 y 2013, las de monóxido de carbono descendieron un 64%, las de óxidos de nitrógeno un 51% y las de los compuestos orgánicos volátiles un 49%. Controles más estrictos y tecnologías más eficientes han contribuido también a reducir las emisiones de metales como el cobre y el plomo, aunque estas siguen estando muy por encima de los niveles de hace un siglo (véase la tabla 1-1).<sup>23</sup>

Durante los últimos 25 años del siglo XX, el grado de saturación material de las economías occidentales ralentizó el crecimiento de la producción y del consumo. Pero desde la década de 1990 la globali-

Tabla 1-1. Emisiones mundiales de metales a la atmósfera, 1901-1990

	Cadmio	Cobre	Plomo	Níquel	Zinc
media anual, en miles de toneladas					
1901-1910	0,9	5,3	47	0,8	39
1951-1960	3,4	23	270	14	150
1971-1980	7,4	59	430	42	330
1981-1990	5,9	47	340	33	260

Fuente: véase nota al final nº 23.

zación y el auge de China y de otra serie de «economías emergentes» proporcionaron un nuevo impulso al desarrollo industrial y al consumo de recursos. Una clase media en ascenso en estos países empezó a imitar los estilos de vida occidentales, mientras la producción industrial se trasladaba crecientemente a estos territorios. En la actualidad, China representa por sí sola algo menos del 50% de la producción mundial de acero, comparado con solamente un 5% en 1980 (cuando la producción mundial era menos de la mitad que actualmente).<sup>24</sup>

La Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992 constituyó un hito en la conciencia ambiental mundial. Sin embargo, en las dos décadas que han transcurrido desde entonces, las presiones sobre los recursos y los sistemas ecológicos del planeta no han dejado de aumentar y la segunda conferencia de Río —«Río+20», en 2012— tuvo una trascendencia ambiental mucho menor (véase la tabla 1-2). La producción de materiales intensivos en energía —cemento, plástico y acero— se ha multiplicado por más de dos desde 1992, superando con mucho el crecimiento económico general. La extracción mundial de recursos —combustibles fósiles, metales, minerales y biomasa— creció un 50% en los 25 años entre 1980 y 2005, alcanzando unos 58.000 millones de toneladas de materias primas (más otros 40.000 millones de toneladas de materiales extraídos simplemente para poder acceder a los codiciados recursos).<sup>25</sup>

### **Reconocer las amenazas imprevistas y actuar en consecuencia**

Las sociedades modernas, basadas en la ciencia, llegan con el tiempo a percatarse de las consecuencias imprevistas y en ocasiones involuntarias de transformar en mercancía una parte cada vez mayor de la base natural de nuestro planeta. Hemos llegado a comprender gradualmente que estamos haciendo disminuir los recursos a un ritmo insostenible, difundiendo contaminantes peligrosos, socavando los ecosistemas y amenazando con desestabilizar el equilibrio del planeta.

Pero este reconocimiento se complica por el hecho de que el conjunto de los impactos ambientales derivados de las actuaciones humanas no siempre son discernibles fácilmente. Los cambios ambientales no se producen de forma lineal y predecible, susceptible de ser estudiada aisladamente sin que influyan otros factores, sino que implican discontinuidades, sinergias, bucles de realimentación y efectos en cascada imprevisibles (véase la tabla 1-3). Y estos fenómenos también pueden reforzarse mutuamente —a saber, los bucles de realimentación pueden

Tabla 1-2. Tendencias sociales, económicas y ambientales entre la primera y segunda Cumbre de la Tierra de Río

	Tendencias	Cambio porcentual, 1992-2012
<b>Población y economía</b>	Población urbana	26
	Producto Interior Bruto (PIB) mundial	75
	PIB per cápita mundial	39
	Comercio mundial	311
<b>Agricultura y alimentación</b>	Índice de producción de alimentos	45
	Superficie en regadío	21
	Tierras dedicadas a agricultura ecológica	240
	Proporción de las pesquerías totalmente explotadas	13
<b>Industria</b>	Producción de cemento	170
	Producción de acero	100
	Producción de electricidad	66
	Producción de plásticos	130
<b>Transporte</b>	Producción de automóviles	88
	Parque automovilístico	73
	Transporte aéreo, pasajeros	100
	Transporte aéreo, mercancías	230
<b>Atmósfera</b>	Emisiones de dióxido de carbono	36
	Utilización de sustancias que dañan la capa de ozono	-93

Fuente: véase nota al final nº 25.

generar discontinuidades, las discontinuidades pueden producir sinergias y las sinergias pueden desencadenar efectos en cascada. En consecuencia, los costes totales de las comodidades modernas pueden permanecer ocultos, manifestándose en ocasiones solo después de muchos años o incluso de décadas.<sup>26</sup>

La gran nevada que afectó en noviembre 2014 al nordeste de Estados Unidos constituye un ejemplo reciente de este tipo de interacciones complejas. La rápida desaparición del hielo del océano Ártico al norte de Escandinavia debida a unas temperaturas más templadas ha hecho que las aguas marinas absorban más energía solar durante el verano. En

Tabla 1-3. Tipos de cambio ambiental imprevisto

Tipo de cambio	Definición
Discontinuidad	<p>Un cambio abrupto de tendencia, o alteración de una situación previa de estabilidad.</p> <p><i>Ejemplo:</i> La sobrepesca conduce a un colapso repentino de las poblaciones de peces, en vez de a un declive gradual.</p>
Sínergia	<p>Un cambio en el que dos o más fenómenos se combinan para producir un efecto mayor que la suma de los impactos individuales por separado.</p> <p><i>Ejemplo:</i> La deforestación y el crecimiento poblacional en zonas vulnerables a las inundaciones magnifican los impactos de las avenidas.</p>
Bucle de realimentación	<p>Un ciclo de cambio que se amplifica a sí mismo.</p> <p><i>Ejemplo:</i> La disminución del hielo ártico debido al cambio climático hace que el océano se caliente más rápidamente, lo que a su vez acelera la pérdida de hielo.</p>
Efectos en cascada	<p>Efectos que se producen cuando un cambio en un componente del sistema provoca la alteración de otro componente, que a su vez origina cambios en otro componente, etcétera.</p> <p><i>Ejemplo:</i> El declive de la población de sardina hace que disminuyan las poblaciones de león marino y de foca, lo que hace que las orcas ejerzan una mayor presión depredadora sobre las nutrias. El colapso de la población de nutria desencadena una explosión de erizos de mar (la presa favorita de las nutrias), pero es demoledor para los bosques de laminarias que les sirven de alimento y pone en peligro a otras especies marinas.</p>

Fuente: véase nota al final nº 26.

otoño, el calor absorbido es liberado de nuevo a la atmósfera y altera los vientos circumpolares, cuyos patrones determinan en gran medida el tiempo en todo el hemisferio norte. Los científicos han descubierto que la burbuja de aire caliente crea una protuberancia hacia el norte de la corriente en chorro (el *jet stream*). Esto genera a su vez una zona de altas presiones en superficie que circula en el sentido de las agujas del reloj y que succiona aire frío del Ártico sobre el norte de Eurasia, lo que provoca un desplazamiento hacia el sur del *jet stream*. La protuberancia hacia el norte de los vientos sobre Escandinavia y hacia el sur

sobre Asia se combinan, creando un patrón que lanza energía hacia la estratosfera y que altera el vórtice polar. Ello hace que el aire glacial del Ártico sea empujado hacia el sur, creando las condiciones perfectas para una inmensa nevada. Los científicos consideran que las alteraciones de la corriente en chorro y del vórtice polar pasarán a ser más frecuentes en el futuro, a medida que siguen aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero.<sup>27</sup>

Una vez logrado el descubrimiento científico de este tipo de repercusiones ambientales las cosas se complican todavía más. Los resultados científicos han de traducirse en una hoja de ruta para la sociedad, que indique lo que debemos y lo que no debemos hacer. Una cosa es, por ejemplo, estipular que la sociedad debería respetar el principio de precaución (que sostiene que si se sospecha que una determinada actuación genera daños, el peso de la prueba de que *no* es dañina recae sobre quienes emprenden esta actuación), y otra muy distinta es conseguir que la sociedad se guíe realmente por este principio. La resistencia al cambio necesario no es sorprendente en aquellos casos donde lo que está en juego es la calidad local del aire o de las aguas (es decir, de los otros), o cuando una determinada especie está amenazada de extinción. Al fin y al cabo los seres humanos han demostrado sobradamente su disposición a sacrificar el bienestar de ciertos grupos, ajenos, de personas (o de animales, etc.) a cambio de ganancias a corto plazo.

Sin embargo, cuando lo que nos estamos jugando es nuestra propia civilización, el cambio para evitar el caos climático no tendría que dar lugar a dudas. Pero, la política del cambio climático indica hasta ahora lo poco dispuesta que está aún la sociedad a actuar siguiendo las recomendaciones científicas. Es inevitable que el proceso político mediante el cual ha de lograrse el cambio sea difícil, pues casi ninguna faceta de la sociedad humana se libraría de los esfuerzos por estabilizar el clima. Pero en los últimos años se ha hecho más difícil todavía por la creciente influencia del dinero en los procesos electorales y legislativos. En la batalla por hacer todo lo que sea necesario para garantizar la supervivencia de la humanidad a largo plazo está resultando difícil —quizás incluso imposible— derrotar a una combinación de negacionismo, pensamiento cortoplacista, afán de lucro y arrogancia humana.

Lograr que la sociedad reconozca y afronte los impactos ambientales y para la salud nunca ha sido fácil. Consideremos los siguientes ejemplos:

- *Gasolina sin plomo.* El plomo se empezó a añadir deliberadamente a la gasolina desde la década de 1920, tras el descubrimiento por un

ingeniero químico de que mejoraba el rendimiento de los motores. A pesar de que esto generó preocupación desde un principio, sus principales defensores en Estados Unidos, General Motors y DuPont, consiguieron impedir durante décadas la adopción de normativas reguladoras. En los años sesenta y setenta la investigación médica demostró que esta gasolina había contribuido a los elevados niveles de plomo observados en la sangre de las personas. La Unión Soviética fue el primer país en prohibir esta práctica en 1967. Estados Unidos eliminó progresivamente la gasolina con plomo a finales de la década de los setenta, Japón y Europa Occidental a finales de los ochenta y muchos otros países en los noventa. En muchos países, como Estados Unidos, el hecho de que los convertidores catalíticos —introducidos para reducir las emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono— solo funcionan correctamente con gasolina sin plomo, ayudó enormemente a conseguir un cambio de políticas. En 2011, el plomo había sido eliminado de la gasolina al menos en 175 países, lo que permitió una bajada del 90% del nivel de plomo en sangre en todo el mundo y salvar un total estimado en 1,2 millones de vidas humanas anualmente.<sup>28</sup>

- *Smog fotoquímico.* El *smog*, una neblina de color ocre que aflige a numerosos centros urbanos, puede inflamar las vías respiratorias y reducir la capacidad pulmonar de las personas, y afecta también a los cultivos y los bosques. Más allá del impacto individual de los contaminantes atmosféricos, el *smog* tiene efectos sinérgicos como resultado de la combinación de un cóctel de sustancias, incluyendo el ozono a nivel del suelo, el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y el monóxido de carbono. Se identificó por primera vez a principios del siglo XX, cuando la combustión de carbón en las ciudades era omnipresente (como todavía sucede en las ciudades chinas actualmente), mientras que las formas «modernas» de *smog* generadas por las emisiones industriales y de los vehículos se convirtieron en un problema a partir de la década de 1950. Las medidas de control de la contaminación atmosférica y unos combustibles más limpios para los vehículos motorizados han aliviado algo la situación, aunque el *smog* sigue siendo un problema de salud en muchas ciudades de todo el mundo.<sup>29</sup>
- *CFC que destruyen la capa de ozono.* Unos productos químicos denominados clorofluorocarbonos (CFC) fueron muy valorados inicialmente, dada su versatilidad, siendo utilizados como refrigerantes, propelentes, retardantes de fuego y disolventes. Pero a partir de mediados de la década de 1970 se empezaron a acumular

evidencias del daño ocasionado por los CFC a la capa de ozono, que protege a las personas, los animales y las plantas de la peligrosa radiación ultravioleta. A mediados de los ochenta, coincidiendo con una impresionante disminución estacional de la capa de ozono sobre la Antártida, los gobiernos actuaron finalmente. El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, acordado en 1987, logró un descenso espectacular en la utilización de CFC —una reducción del 96% en 2005. Un informe del PNUMA de septiembre 2014 confirmaba que la capa de ozono está recuperándose gradualmente y es probable que se haya restablecido totalmente a mediados de siglo. Sin embargo, los hidrofluorocarbonos (HFC) que sustituyeron a los CFC entrañan una amenaza oculta, pues son potentes gases de efecto invernadero. Es necesario por tanto desarrollar alternativas más seguras.<sup>30</sup>

- *Superplagas.* El sector ganadero se caracteriza por unos métodos de producción cada vez más industriales, que mantienen a los animales confinados en condiciones de hacinamiento y les administran grandes dosis de antibióticos para acelerar su desarrollo y reducir la probabilidad de brotes epidémicos. El volumen de antibióticos utilizado en las explotaciones ganaderas de Estados Unidos es casi cuatro veces superior al destinado al tratamiento de personas



Torre de antena emergiendo en medio del *smog* de Shanghai en 2007.

Steve Jurvetson

enfermas. Este tipo de prácticas indiscriminadas representan una amenaza para la eficacia de los antibióticos de uso humano —una amenaza reconocida ampliamente, sin que se haya actuado en consecuencia. La utilización excesiva de herbicidas y pesticidas, así como el desarrollo de plantas modificadas genéticamente que emiten su propio insecticida plantea problemas similares. Puesto que los insectos se hacen resistentes progresivamente a este tipo de productos, los agricultores se enfrentan al peligro de pérdidas catastróficas de cosechas.<sup>31</sup>

Y el cambio climático está multiplicando este tipo de problemas. La humanidad está tardando de forma desmesurada en aceptar la creciente realidad de un clima desestabilizado. Si bien científicos y otras personas aportan constantemente información sobre sus probables repercusiones, como la subida del nivel del mar, sequías, inundaciones, violentos temporales, algunos de sus efectos siguen sin detectarse o se subestima su importancia. En los siguientes capítulos analizamos varios de estos desafíos, que no solo conciernen a las propias dinámicas ambientales, sino también sus repercusiones en el ámbito social, económico y político.

*Energía, deuda y fin del crecimiento.* Las economías prósperas y la cultura del crecimiento que las naciones industrializadas asumen como algo normal, y a las que aspiran las demás naciones, se basan en la energía barata (principalmente fósil). Pero, como se explica en el capítulo 2, ya hemos explotado los yacimientos energéticos de más fácil extracción, por lo que seguir impulsando el crecimiento continuo requiere cantidades crecientes de energía y de inversión, hurtando recursos a las demás actividades. Además, los miles de «esclavos» energéticos que trabajan para nosotros se encuentran en la cuerda floja: la energía debe costar lo suficiente para generar ganancias para los productores, pero ser suficientemente barata para resultar asequible para los consumidores. Cuanto más suban los precios para hacer rentable la producción, más probable será que se genere una situación de reducción de la demanda, malestar económico y endeudamiento creciente.

*Frenar el crecimiento.* El crecimiento económico es el causante de una mayoría de los problemas ambientales y ha generado un mundo donde las actividades humanas han crecido demasiado para que el planeta pueda albergarlas sosteniblemente. Los bosques están siendo arrasados, se secan los ríos, se extinguen las especies y los seres humanos están cambiando el clima, todo ello impulsado por el ansia de crecimiento. Pocas personas reconocen sin embargo que hemos de abandonar el crecimiento como objetivo nacional. El crecimiento se considera

de forma generalizada como algo inevitable e indispensable, aunque hace escasamente 50 años que comenzó a formar parte de las políticas nacionales. Afortunadamente, como sostienen los autores del capítulo 3, es posible el cambio hacia una economía que no esté impulsada por el crecimiento del flujo de materiales, pero que siga ofreciendo un empleo adecuado y reduzca las desigualdades y el impacto ambiental.

**Activos inmovilizados.** Seguir invirtiendo en un sistema energético basado en los combustibles fósiles —y especialmente en formas de «energía extrema» como las arenas bituminosas, los depósitos de petróleo del Ártico, el petróleo y el gas de esquisto y la minería de carbón que arrasa montañas— conducirá a las sociedades a un callejón sin salida. Los científicos advierten que la mayor parte de los recursos probados de combustibles fósiles nunca podrá tocarse si el mundo quiere evitar un cambio climático desbocado. Prolongar este tipo de inversiones —agrandando con ello la «burbuja» del carbono— expone a riesgos incalculables no solo a las empresas de energía y a los exportadores de combustibles fósiles, sino a los fondos de pensiones, las autoridades municipales y otras entidades que invierten en este tipo de empresas esperando retornos financieros a largo plazo, que es el problema anali-



Ron Nichols, USDA NRCS

Una planta de soja raquítica por la sequía languidece bajo el sol estival de Arkansas.

zado en el capítulo 4. En ausencia de políticas alternativas, el mundo puede enfrentarse a una elección amarga entre el caos climático y la fatalidad económica.

*Disminución de las cosechas.* La pérdida o degradación de recursos claves para la agricultura —especialmente los suelos, las aguas y un clima estable— está generando un sistema agrícola mundial donde el suministro de alimentos básicos para un número creciente de países depende de los mercados internacionales. En el capítulo 5 se expone que una estrategia de importación de alimentos reduce en numerosos países la presión sobre los recursos agrícolas, especialmente el agua, pero también les hace más vulnerables a las perturbaciones de abastecimiento ocasionadas por malas cosechas, manipulación política y otros factores que escapan a su control.

*Declive de los océanos.* Una mayoría de seres humanos tiene una relación distante con los océanos, pero su situación influye profundamente en nuestra existencia. Y esa situación es cada vez más desesperada. La sobrepesca está comprometiendo la capacidad de los océanos para suministrar la proteína de la que dependen unos 3.000 millones de personas. Las aguas oceánicas constituyen además un importante sumidero de las emisiones de carbono provocadas por el hombre y del calor que estas retienen en la atmósfera, pero es posible que el ritmo de absorción de calor y de emisiones se esté ralentizando. La absorción de carbono está cambiando además la acidez de las aguas, amenazando la supervivencia de organismos marinos vitales e incluso haciendo peligrar la propia red trófica marina. En el capítulo 6 se analizan estos peligros.

*Cambios en el Ártico.* El Ártico es un escaparate de los efectos del cambio climático, especialmente por el alarmante descenso estival de los hielos marinos y sus efectos de realimentación positiva para el calentamiento. La región constituye asimismo un motivo de disputa, a medida que la expansión de las aguas libres facilita el acceso al petróleo y otros recursos, muy atractivos para los países ribereños. Como analiza el capítulo 7, la lucha de los pueblos árticos por garantizar que permanezca en sus manos el destino de la región que ellos consideran su hogar, y no a merced de las gentes del sur que aspiran a imponer sus propias prioridades políticas, pasa casi desapercibida.

*Enfermedades emergentes de origen animal.* Las actividades humanas alteran los sistemas ecológicos en todo el mundo, aumentando la probabilidad de propagación de enfermedades infecciosas de los animales al ser humano, como ya ha ocurrido con el virus del Ébola y del sida. Los científicos estiman que más del 60% de las 400 nuevas enfermedades infecciosas humanas que han aparecido en los últimos



Randal J. Schroepf

Análisis de Ébola por técnicos del ejército estadounidense en un laboratorio de seguridad.

70 años son de origen animal. Y esta amenaza aumenta a medida que cambios en los usos del suelo ponen en contacto a poblaciones humanas y animales, que se intensifica la ganadería y que se incrementa la utilización de antibióticos en la cría de ganado. En el capítulo 8 se afirma que a pesar de la creciente atención dedicada a pandemias de gran notoriedad como el Ébola, ni los gobiernos ni la gente son conscientes de que este tipo de brotes son los síntomas de un problema sistémico, global.

*Emigrantes climáticos.* Finalmente, los desplazamientos de población debido al cambio climático y otros acontecimientos ambientales adversos podrían socavar el tejido social de las sociedades afectadas, y desencadenar una competencia creciente por los recursos, el empleo y los servicios sociales en las zonas receptoras. La rapidez, dirección y extensión de estos movimientos poblacionales siguen siendo en gran medida hoy en día meras conjeturas, pero podrían tener consecuencias económicas y políticas profundamente desestabilizadoras en el futuro. El capítulo 9 sostiene que adoptar medidas de adaptación a tiempo —incluyendo el apoyo a emigrantes así como a quienes carecen de recursos para tras-

ladarse— puede ayudar a las personas, y a las sociedades en general, a afrontar las repercusiones de un clima cambiante.

## Conclusión

El ingenio humano ha creado sociedades técnicamente avanzadas y maximizado la producción de bienes y servicios. Nuestros sistemas económicos están programados para exprimir un volumen creciente de recursos de un planeta cada vez más amenazado —bien sea más petróleo y gas procedente de yacimientos subterráneos, más leche de las vacas, o más excedentes económicos de la fuerza laboral humana. Aunque el debate sobre los sistemas políticos gira con frecuencia en torno a nobles ideas como la libertad, la democracia y las distintas formas de representación, en el fondo están diseñadas para respaldar el proceso de maximizar los flujos de energía y de materiales.

Pero esto se ha logrado a costa de debilitar la diversidad biológica y de comprometer los sistemas naturales, y es el resultado de una serie relativamente pequeña de factores y circunstancias, que van desde las condiciones naturales hasta las instituciones humanas. Sin embargo, estas circunstancias podrían ser borradas de un plumazo algún día por las graves conmociones que entraña un clima desestabilizado, poniendo en cuestión no ya la capacidad de las sociedades de prosperar, sino de adaptarse y posiblemente incluso de sobrevivir. Esto es particularmente cierto si las sociedades no reconocen oportunamente las amenazas ocultas.

Podría ocurrir que los mismos pilares del éxito contemporáneo —entre otros el alto grado de especialización, la complejidad, las múltiples interrelaciones— resulten ser el talón de Aquiles de la humanidad. La especialización funciona bien únicamente dentro de determinados parámetros estrictamente controlados, pero resultar inútil en circunstancias cambiantes. La complejidad y las interrelaciones multiplican las fortalezas y ventajas de un sistema viable, pero también hacen que sea vulnerable a una sucesión rápida de impactos desestabilizadores con efectos en cascada. Este tipo de sistema altamente productivo tiene en realidad una baja resiliencia debido a que centra su atención constantemente en reducir cualquier holgura o redundancia —precisamente las características que permiten que se materialice la resiliencia. El autor Thomas Homer-Dixon cita a un destacado ecologista canadiense, Buzz Holling, que ha advertido que cuanto más prolongada sea la atadura de un sistema a una trayectoria insostenible de crecimiento, «será más vulnerable, y más grande y dramático su colapso».<sup>32</sup>



Visto a través de esta lente más amplia, resulta evidente que el reto de la humanidad no se parece en absoluto en nuestros días al de las décadas de 1960 y 1970, cuando desarrollar tecnologías de reducción de la contaminación y disminuir el grado de despilfarro de los recursos ofrecía una respuesta más o menos adecuada a los problemas más urgentes de entonces. El mundo necesita ahora adoptar soluciones que transformen de manera fundamental el sistema entero de producción y consumo, que hagan avanzar a las sociedades de una situación excedentaria a una de escasez en energía y materiales, y que desarrollen la previsión necesaria para detectar las amenazas a la sostenibilidad que están todavía ocultas. Esto excede con mucho el ámbito de las adaptaciones técnicas, y exige en cambio una ingeniería social, económica y política a gran escala, en un esfuerzo por crear los cimientos de una civilización humana más sustentable.



## Notas

### Capítulo 1. El germen de las amenazas modernas

1. People's Climate March, «Wrap-Up», <http://peoplesclimate.org/wrap-up/>; testimonio de Hansen de Philip Shabecoff, «Global Warming Has Begun, Expert Tells Senate», *New York Times*, 24 de junio, 1988.
2. «History of Climate Change Science», *Wikipedia*, [http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_climate\\_change\\_science](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_climate_change_science); World Meteorological Organization, «Declaration of the World Climate Conference» (Ginebra: febrero, 1979).
3. Cita de Hansen, de Shabecoff, «Global Warming Has Begun, Expert Tells Senate.»
4. Intergovernmental Panel on Climate Change, «Human Influence on Climate Clear, IPCC Report Says», nota de prensa (Ginebra: 27 de septiembre, 2013).
5. Robert Engelman, «Más allá de la sostenibilidad», en Worldwatch Institute, *La situación del mundo 2013: ¿es aún posible lograr la sostenibilidad?* (Barcelona: Icaria, 2013).
6. Upton Sinclair, *I, Candidate for Governor: And How I Got Licked* (1935) (Oakland, CA: University of California Press, 1994 reprint).
7. Naomi Klein, *Esto lo cambia todo: el capitalismo contra el clima* (Barcelona: Paidós, 2015).
8. Organisation for Economic Co-operation and Development, *Towards Green Growth* (París: 2011), 9.
9. Walter V. Reid et al., *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being*, Synthesis Report (Washington, DC: Island Press, 2005); recursos pesqueros de United Nations Environment Programme (UNEP), *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication* (Nairobi: 2011), 20; Robert J. Diaz and Rutger Rosenberg, «Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems», *Science* 321, no. 5891 (15 de agosto, 2008): 926-29; «What Causes Ocean 'Dead Zones'?» *Scientific American*, 25 de septiembre de 2012; polinizadores de Gary Gardner y Thomas Prugh, «Seeding the Sustainable Economy», in Worldwatch Institute, *State of the World 2008* (New York: W. W. Norton & Company, 2008), 3 [Versión en castellano: «Sembrar una economía sostenible» en Worldwatch Institute, *La situación del mundo 2008* (Barcelona: Icaria 2008)]; Organización Mundial de la Salud, «7 Millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica», nota de prensa (Ginebra: 25 de marzo, 2014).
10. J. R. McNeill, *Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World* (Nueva York: W. W. Norton & Company, 2000), 11.[Versión en castellano: *Algo nuevo bajo el sol. Historia medioambiental del mundo en el siglo XX*. (Madrid: Alianza ed. 2011)].
11. *Ibid.*, 13.
12. Medios 1700 de Gary T. Gardner, *Inspiring Progress* (Nueva York: W. W. Norton & Company, 2006); Science Intelligence and InfoPros, «How Many

Science Journals?» January 23, 2012, <http://scienceintelligence.wordpress.com/2012/01/23/how-many-science-journals/>; Rose Eveleth, «Academics Write Papers Arguing Over How Many People Read (And Cite) Their Papers», *Smithsonian*, March 25, 2014; Richard Van Noorden, «Global Scientific Output Doubles Every Nine Years», *Nature Newsblog*, May 7, 2014, <http://blogs.nature.com/news/2014/05/global-scientific-output-doubles-every-nine-years.html>.

13. Gardner, *Inspiring Progress*.

14. Ver John M. Gowdy, «Governance, Sustainability, and Evolution», en Worldwatch Institute, *State of the World 2014: Governing for Sustainability* (Washington, DC: Island Press, 2014), 31-40 [Versión en castellano. *La Situación del mundo 2014. Gobernar para la sostenibilidad* (Barcelona: Icaria, 2014)]; McNeill, *Something New Under the Sun*, xxiv.

15. McNeill, *Something New Under the Sun*, 15.

16. *Ibid.*, 14, 31; datos para 2000 y 2013 de BP, *BP Statistical Review of World Energy 2014* (Londres: 2014).

17. Gardner, *Inspiring Progress*.

18. Compilación de U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries* (Reston, VA: various editions), y de International Iron and Steel Institute, *A Handbook of World Steel Statistics* (Brussels: 1978), 1.

19. Cita, tendencia 1970-2010 y China de UNEP, *Global Chemicals Outlook — Towards Sound Management of Chemicals* (Nairobi: 2013), xv, 11; número de compuestos sintetizados y en uso de McNeill, *Something New Under the Sun*, 28; duplicación de European Chemical Industry Council (Cefic), *The European Chemical Industry: Facts & Figures 2013* (Bruselas: enero, 2014).

20. UNEP, *Global Chemicals Outlook*, xv, 10.

21. McNeill, *Something New Under the Sun*, 25-26; datos del 2000 de Matt Styslinger, «Fertilizer Consumption Declines Sharply», *Vital Signs Online* (Worldwatch Institute), 21 October 2010; estimaciones de 2013 de Patrick Heffer y Michel Prud'homme, *Fertilizer Outlook 2013-2017*, preparado para la 81st International Fertilizer Industry Association Conference, Chicago, IL, 20-22 de mayo, 2013, 4.

22. Producción en 1900 de «The Automobile Industry, 1900-1909», The History of Technology Website, Bryant University, Smithfield, RI, [http://web.bryant.edu/~ehu/h364/materials/cars/cars%20\\_10.htm](http://web.bryant.edu/~ehu/h364/materials/cars/cars%20_10.htm); Michael Renner, «Auto Production Sets New Record, Fleet Surpasses 1 Billion Mark», *Vital Signs Online* (Worldwatch Institute), June 4, 2014; parque móvil en 1900 de «History of Motor Car/Automobile Production 1900-2003», [www.carhistory4u.com/the-last-100-years/car-production](http://www.carhistory4u.com/the-last-100-years/car-production); 1910 de McNeill, *Something New Under the Sun*, 60; 1960 de Michael Renner, *Rethinking the Role of the Automobile*, Worldwatch Paper 84 (Washington, DC: June 1988); 2013 de Colin Couchman, IHS Automotive, London, correo electrónico al autor, 27 de mayo, 2014.

23. Cambios en emisiones calculados a partir de U.S. Environmental Protection Agency, «1970-2013 Average annual emissions, all criteria pollutants in MS Excel», February 2014, [www.epa.gov/ttn/chieftrends/trends06/national\\_tier1\\_caps.xlsx](http://www.epa.gov/ttn/chieftrends/trends06/national_tier1_caps.xlsx); Tabla 1-1 adaptada de McNeill, *Something New Under the Sun*, 54.

24. World Steel Association, *World Steel in Figures 2014* (Bruselas: 2014), 7, 9; 2000 calculado a partir de International Iron and Steel Institute, *Steel Statistical Yearbook 2002* (Bruselas: 2002), 12.

25. Multiplicación por dos de la producción de UNEP, *Keeping Track of Our Changing Environment. From Rio to Rio+20 (1992-2012)* (Nairobi: octubre, 2011); tendencia de extracción total de Sustainable Europe Research Institute, GLOBAL 2000, and Friends of the Earth Europe, *Overconsumption? Our Use of the World's Natural Resources* (Viena: septiembre 2009), 9-10; Tabla 1-2 de UNEP, *Keeping Track of Our Changing Environment*; estadísticas de coches calculadas a partir de datos proporcionados por Couchman, IHS Automotive.

26. Tabla 1-3 adaptada a partir de Chris Bright, «Anticipating Environmental 'Surprise'», en Worldwatch Institute, *State of the World 2000* (Nueva York: W. W. Norton & Company, 2000), Tables 2-1 and 2-2 [Versión en castellano: *La situación del mundo 2000* (Barcelona: Icaria, 2000)].

27. Nick Breeze, «Global Warming — You Must Be Joking! How Melting Arctic Ice Is Driving Harsh Winters», *The Ecologist*, 21 de noviembre, 2014.

28. McNeill, *Something New Under the Sun*, 62; Magda Lovei, *Phasing Out Lead from Gasoline. Worldwide Experiences and Policy Implications*, World Bank Technical Paper No. 397, Pollution Management Series (Washington, DC: 1998); logros en 2011 de Peter Lehner, «Global Phase-out of Lead in Gasoline Succeeds: Major Victory for Kids' Health», Switchboard blog (Natural Resources Defense Council), 27 de octubre, 2011.

29. «Smog», *Science Daily*, [www.sciencedaily.com/articles/s/smog.htm](http://www.sciencedaily.com/articles/s/smog.htm); «Smog», *Wikipedia*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Smog>.

30. Molly O'Sheehan, «CFC Use Declining», en Worldwatch Institute, *Vital Signs 2002* (New York: W. W. Norton & Company, 2002), 54-55; Alana Herro, «Ozone Layer Stabilizing But Not Recovered», en Worldwatch Institute, *Vital Signs 2007-2008* (New York: W. W. Norton & Company, 2007), 45-46; UNEP, «Ozone Layer on Track to Recovery: Success Story Should Encourage Action on Climate», nota de prensa (Nairobi: 10 de septiembre, 2014).

31. Heinrich Böll Stiftung and Friends of the Earth Europe, *Meat Atlas: Facts and Figures About the Animals We Eat* (Berlin and Brussels: 2014), 26; «Another Strike Against GMOs — The Creation of Superbugs and Superweeds», GMO Inside blog, March 31, 2014; Tom Laskawy, «First Came Superweeds; Now Come the Superbugs!», *Grist*, 25 de marzo, 2010.

32. Thomas Homer-Dixon, *The Upside of Down: Catastrophe, Creativity, and the Renewal of Civilization* (Washington, DC: Island Press, 2006), 253. Ver también discusión de Homer-Dixon's en el capítulo 9 de su libro para un análisis ampliado de los ciclos de crecimiento, colapso, regeneración y nuevo crecimiento en el contexto de los sistemas forestales. Características similares pueden observarse en las sociedades humanas.

## Capítulo 2. Energía, crédito y el fin del crecimiento.

1. U.S. Congressional Budget Office, *The Budget and Economic Outlook: 2014 to 2024* (Washington, DC: 4 de febrero, 2014); William H. Gross, «Investment Outlook: For Wonks Only» (Newport Beach, CA: PIMCO, septiembre, 2014).

2. U.S. Census Bureau, *Income and Poverty in the United States: 2013* (Washington, DC: septiembre, 2014); U.S. Energy Information Administration (EIA),