

# Respetar los límites del planeta y recuperar la conexión con la biosfera

*Carl Folke*

La biosfera —la esfera de la vida— es la parte viviente del cascarón exterior de nuestro planeta rocoso, la fracción de la corteza terrestre, las aguas y la atmósfera que alberga la vida. Es el sistema ecológico global, que integra todos los seres vivos y las relaciones entre todos ellos. Las personas y las sociedades dependen de su funcionamiento y de su mantenimiento de la vida, contribuyendo también a modelarlo globalmente. La vida interactúa con los procesos químicos de la atmósfera, con la circulación de los océanos, con el ciclo del agua (incluyendo el agua en estado sólido de las regiones polares y el permafrost), y con los procesos geológicos, para originar unas condiciones favorables en la Tierra.

Lo que la humanidad se juega con respecto a la biosfera es mucho más que el cambio climático, que ya está empezando a recabar la atención necesaria. Son toda una serie de cambios ambientales planetarios, que interactúan con unas sociedades humanas interdependientes y en rápido proceso de globalización. Ante esta situación, un desafío clave para la humanidad es comprender su nuevo papel como actor principal en el funcionamiento de la biosfera, empezando a contabilizar y a administrar el capital natural (los recursos y servicios derivados de y producidos por los ecosistemas), y organizando activamente un desarrollo

---

Carl Folke es profesor y director del Beijer Institute of Ecological Economics, de la Royal Swedish Academy of Sciences, y fundador y director del Stockholm Resilience Centre de la Universidad de Estocolmo.

social en armonía con el planeta del que formamos parte. Ha llegado el momento de recuperar nuestra conexión con la biosfera.<sup>1</sup>

Durante las dos últimas generaciones hemos asistido a una expansión extraordinaria de las actividades humanas que ha dado lugar a una sociedad globalizada convergente, mejorando el nivel de vida material de una mayoría y reduciendo muchas diferencias entre ricos y pobres. Esta expansión, que benefició sobre todo a los países industrializados, ha impulsado a la humanidad hacia una nueva era geológica, el Antropoceno —la edad en que la actividad humana se convierte en una poderosa fuerza planetaria que transforma la biosfera—, generando la mayor parte de los problemas ambientales globales a los que se enfrenta el bienestar futuro de la población humana sobre la Tierra.<sup>2</sup>

El Antropoceno es una manifestación de lo que podríamos denominar la Gran Aceleración de la actividad humana, especialmente a partir de la década de 1950. La humanidad, que tardó casi 200.000 años en alcanzar a principios del siglo XIX una población de 1.000 millones de habitantes, ha superado actualmente los 7.000 millones. Un factor clave para la transición de un mundo vacío de seres humanos a un mundo lleno de ellos (véase capítulo 11) fue el descubrimiento de los combustibles fósiles, una importante fuente de energía adicional que permitió a la humanidad despegar hacia un mundo verdaderamente globalizado. Aunque existen conflictos, es un logro verdaderamente extraordinario que una especie consiga este grado de dominancia y una convivencia relativamente pacífica —con una asombrosa capacidad de innovación, ingenio, colaboración y acción colectiva. Esto ha sido posible en gran medida por la capacidad humana para aprovechar el funcionamiento de la biosfera.<sup>3</sup>

Las sociedades actuales están interconectadas a nivel mundial no solo mediante sus sistemas políticos, económicos y técnicos, sino a través de los sistemas biofísicos que mantienen la vida en la Tierra. Nuestra sociedad crecientemente urbana —más del 50% de la población humana vive ya en ciudades—, depende sin embargo de la capacidad de todo tipo de ecosistemas en el mundo entero para mantener la vida urbana mediante servicios ecosistémicos esenciales como el suelo fértil, la protección frente a tormentas y los sumideros de gases de efecto invernadero y de otros residuos, a pesar de que la gente no perciba estos servicios ni los considere valiosos. Por ejemplo, los langostinos criados en piscifactorías en Tailandia para su exportación a los países industrializados son alimentados con piensos que proceden de las capturas de peces en ecosistemas marinos de todo el mundo. O consideremos los cambios en la variabilidad de las precipitaciones, que probablemente

provocarán alteraciones en la frecuencia, magnitud y duración de las sequías, de los fuegos, de las tormentas, de las inundaciones y de otros impactos y sucesos, afectando a la producción de alimentos, al comercio, a las migraciones y posiblemente a la estabilidad sociopolítica. Se ha sugerido que los incendios sufridos por Rusia en 2010 —favorecidos por temperaturas extremas y por la sequía estival, y que quemaron gran parte de la cosecha de trigo del país— paralizaron las exportaciones y contribuyeron así al alza de los precios alimentarios, lo que se considera uno de los detonantes de la Primavera Árabe.<sup>4</sup>

Estas interacciones novedosas están sucediendo en todos los rincones del mundo. Para bien y para mal, las sorpresas son inevitables, y actualmente están apareciendo nuevas fuerzas que acelerarán su ritmo. Una mayoría de la población mundial ha comenzado a salir decididamente de la pobreza, con el auge consiguiente de una clase media acomodada que aspira al crecimiento material, a nuevos hábitos alimentarios y al incremento de sus ingresos. Simultáneamente, las tecnologías de la información, la nanotecnología y la investigación molecular están experimentando una aceleración considerable de potencial desconocido, mientras que la rapidez de las conexiones y las interacciones propias de la globalización están generando nuevas dinámicas complejas e inéditas entre diferentes sectores, ámbitos y sociedades.<sup>5</sup>

Los aumentos de conectividad, velocidad y escala no son de ninguna manera exclusivamente malas noticias, pues pueden mejorar la capacidad de las sociedades para transformarse y adaptarse a unas circunstancias cambiantes. Pero si la globalización actúa como si no tuviera ninguna conexión con la biosfera, puede socavar la capacidad de los ecosistemas que mantienen la vida para generar estas adaptaciones y proporcionar los servicios ecosistémicos esenciales de los que depende en definitiva el bienestar humano. Cambiar nuestra gestión de los recursos uno por uno, tratando el medio ambiente como algo ajeno, para pasar a administrar unos sistemas socio-ecológicos interdependientes, es un requisito indispensable para asegurar el bienestar humano a largo plazo.<sup>6</sup>

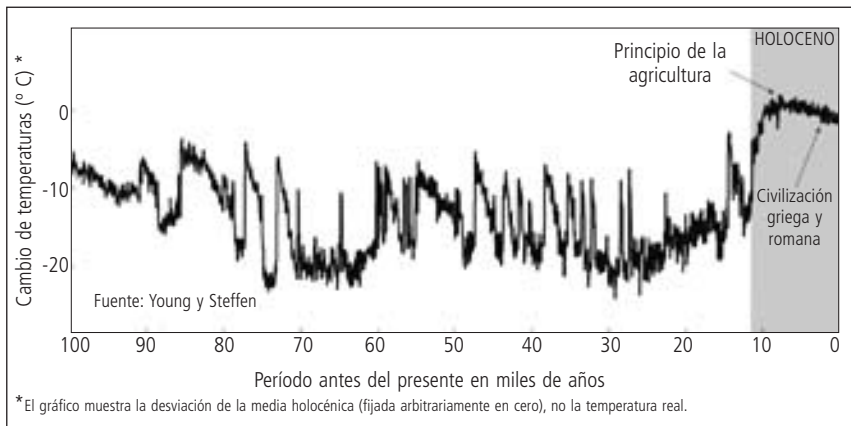
## La expansión humana en un contexto planetario

Existen a nivel global los denominados servicios del Sistema Tierra que, a diferencia de los servicios ecosistémicos, funcionan a gran escala temporal y espacial, sin estar sometidos a influencias directas importantes de los seres vivos. Dichos servicios incluyen la formación de suelos fértiles mediante la acción de los glaciares, el transporte por las corrientes ma-

rinas de nutrientes desde las profundidades oceánicas hasta muchos de los ecosistemas marinos que suministran alimentos ricos en proteínas, y el almacenamiento en los glaciares de grandes cantidades de agua. La absorción de carbono por la disolución en los océanos del dióxido de carbono atmosférico, forma parte también de los servicios reguladores del gran Sistema Tierra. Asimismo cabe citar las reacciones químicas de la atmósfera, que forman constantemente ozono (esencial para filtrar las radiaciones solares ultravioletas), y la función que desempeñan los grandes casquetes polares de hielo en la regulación de la temperatura de la Tierra.<sup>7</sup>

Durante los últimos 10.000 años, estas y otras fuerzas han permitido que el planeta ofreciera a la humanidad unas condiciones ambientales favorables, permaneciendo resiliente hasta hace poco al impacto de las actividades humanas. Este período, el Holoceno (véase gráfico 2-1) ha resultado ser el más propicio para las civilizaciones humanas. Ha permitido que se desarrollasen y prosperasen la agricultura, las poblaciones y las ciudades. Es probable que antes del Holoceno las condiciones de la Tierra fuesen demasiado imprevisibles, con fluctuaciones de temperaturas excesivas para que los seres humanos pudiesen desarrollarse y asentarse en un lugar. El ambiente mucho más estable del Holoceno hizo posible que la gente invirtiese en el capital de la biosfera y empezase a domesticar la naturaleza. La sociedad moderna globalizada se ha desarrollado en estas condiciones excepcionalmente estables, que se

**GRÁFICO 2-1. VARIABILIDAD DE LAS TEMPERATURAS DURANTE LOS ÚLTIMOS 100.000 AÑOS**



\*El gráfico muestra la desviación de la media holocénica (fijada arbitrariamente en cero), no la temperatura real.

dan por supuesto habitualmente a la hora de tomar decisiones sobre inversiones, medidas políticas y acuerdos internacionales.<sup>8</sup>

Pero parece ser que la humanidad ha prosperado gracias a este período excepcional en la historia de la Tierra, y ha pasado a depender de forma crítica del capital natural de la biosfera del Holoceno. Por el bien del desarrollo humano futuro, nos convendría que el planeta se conservase en un estado parecido al del Holoceno. A medida que avanza el Antropoceno, resulta más importante comprender el contexto de variabilidad que caracteriza al Holoceno, como una referencia para poder interpretar los cambios globales que están teniendo lugar actualmente.

## Las condiciones para la sostenibilidad

El concepto de límites del planeta es un enfoque que permite comprender mejor la importancia de la biosfera, y de cómo su funcionamiento contribuye a mantener el desarrollo social y económico. Pretende hacer visibles los condicionantes biofísicos de un estado similar al del Holoceno, el único del que podemos estar seguros que garantiza un entorno propicio para que puedan seguir desarrollándose las sociedades humanas.<sup>9</sup>

Han sido identificados nueve límites planetarios de procesos biofísicos que son fundamentales para el sistema Tierra (véase la tabla 2-1). En conjunto, describen un marco donde la humanidad puede desenvolverse con seguridad y que, de respetarse, garantizaría probablemente que la Tierra pueda permanecer en un estado similar al Holoceno. Para ello es preciso evitar superar ciertos límites que nos situarían en una zona de incertidumbre donde pueden existir umbrales críticos y de gran escala.

Los límites han sido establecidos coincidiendo con el nivel mínimo de estas zonas, y reflejan las «reglas de juego» de la Tierra para un desarrollo humano próspero y duradero (véase también el capítulo 3). Los límites propuestos son estimaciones aproximadas, con grandes incertidumbres y lagunas de conocimiento.<sup>10</sup>

En los análisis preliminares se han calculado los límites cuantitativos del planeta para siete de los nueve procesos o elementos siguientes: cambio climático, ozono estratosférico, acidificación oceánica, ciclos del nitrógeno y del fósforo, pérdida de biodiversidad, cambios de usos del suelo y utilización de agua dulce. Esta estimación constituía en algunos casos el primer intento por cuantificar cualquier tipo de límites. En el

**Tabla 2-1. Nuevos límites planetarios\***

<b>Proceso del Sistema Terrestre</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Límite propuesto</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Valor pre-industrial</b>
Cambio climático	(i) Concentración atmosférica de dióxido de carbono (partes por millón en volumen)	350	387	280
	(ii) Cambios en forzamiento radiativo (vatios por metro cuadrado)	1	1,5	0
Ritmo de extinción de biodiversidad	Ritmo de extinción (número de especies por millón de especies y año)	10	>100	0,1-1
Ciclo del nitrógeno (comparte límite con el ciclo del fósforo)	N <sub>2</sub> extraído de la atmósfera para uso humano (millones de toneladas anuales)	35	121	0
Ciclo del fósforo (comparte límite con el ciclo del nitrógeno)	Cantidad de P que se incorpora a los océanos (millones de toneladas anuales)	11	8,5-9,5	-1
Agotamiento del ozono estratosférico	Concentración de ozono (unidades Dobson)	276	283	290
Acidificación de los océanos	Saturación media global de aragonita en las aguas superficiales	2,75	2,90	3,44
Utilización mundial de agua dulce	Consumo de agua dulce por el ser humano (km <sup>3</sup> anuales)	4.000	2.600	415
Cambios de uso del suelo	Porcentaje mundial de tierras convertidas en cultivos	15	11,7	bajo
Contaminación atmosférica por aerosoles	Concentración de partículas en la atmósfera, por regiones		Sin determinar	
Contaminación química	Por ejemplo, cantidades emitidas a, o concentración en el medio ambiente global de contaminantes orgánicos persistentes, plásticos, disruptores endocrinos, metales pesados y residuos nucleares, o sus efectos en el funcionamiento de los ecosistemas y el Sistema Tierra		Sin determinar	

\*Los límites de los procesos resaltados en gris han sido ya traspasados

Fuente: Véase nota al final n° 10.

caso de los aerosoles y de la contaminación química, la información disponible ha sido insuficiente para proponer límites cuantitativos. Es posible que tres de estos límites hayan sido ya superados: los relacionados con el cambio climático, los cambios del ciclo global del nitrógeno y la pérdida de biodiversidad.

Para el cálculo de los límites planetarios se ha intentado sintetizar los conocimientos científicos actuales. Los resultados y los análisis científicos que los respaldan fueron presentados y discutidos en 2009 en dos trabajos de Johan Rockström y sus colaboradores. El siguiente resumen breve de los límites se ha extractado de dichos trabajos.<sup>11</sup>

**Cambio climático.** El límite de 350 partes por millón de dióxido de carbono en la atmósfera sugerido para el cambio climático, pretende minimizar el riesgo de internarnos en zonas de incertidumbre y superar umbrales que podrían provocar cambios importantes del clima a nivel regional, alterando patrones de dinámicas climáticas como la circulación oceánica termohalina, o provocando una subida rápida del nivel del mar. Las manifestaciones actuales de una posible variación climática incluyen el deshielo marino estival del Océano Ártico, la regresión de los glaciares de montaña en todo el mundo, la pérdida de masa de las placas de hielo de Groenlandia y de la Antártida Occidental y el debilitamiento del sumidero oceánico de carbono.

**Diversidad biológica.** La diversidad biológica desempeña un papel sumamente importante en la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas y en el mantenimiento de servicios ecosistémicos fundamentales. El trabajo sobre los límites planetarios utilizó los ritmos de extinción de especies como primer parámetro indicativo de la pérdida de biodiversidad. La pérdida acelerada de especies comprometerá probablemente la capacidad de los ecosistemas para mantener su funcionamiento actual en circunstancias ambientales y bióticas nuevas. Desde los inicios del Antropoceno, el ser humano ha superado de 100 a 1.000 veces el ritmo de extinción de especies sobre los índices básicos normales en la historia de la Tierra. El límite de biodiversidad sugerido, que sigue siendo objeto de considerable debate, ascendía a 10 extinciones al año por cada millón de especies. Este límite en pérdidas de biodiversidad ha sido superado actualmente en dos o más órdenes de magnitud.

**Nitrógeno y fósforo.** El nitrógeno y el fósforo son nutrientes fundamentales para la vida y resultan fundamentales para mejorar la producción alimentaria mediante la fertilización, pero su utilización también tiene impactos sobre los bosques y los paisajes, y provoca la contaminación de los cursos fluviales y de las zonas costeras. Las actividades humanas transforman actualmente más nitrógeno de la atmósfera en

compuestos reactivos que la suma de todos los procesos terrestres del planeta. El límite para el nitrógeno se ha establecido provisionalmente en un flujo hacia la biosfera de 35 millones anuales de toneladas de nitrógeno reactivo fijado industrialmente y en la agricultura, el equivalente al 25% del volumen total fijado de forma natural por los ecosistemas terrestres. Esta cifra es una primera aproximación, y se requieren nuevos cálculos que permitan establecer un límite mejor documentado.

El fósforo se extrae para utilización humana, además de incorporarse al entorno por la acción de los agentes atmosféricos. La acumulación de fósforo en los océanos ha sido sugerida como una de las principales causantes a escala global de los acontecimientos anóxicos (agotamiento del oxígeno bajo la superficie). Se ha propuesto que el límite del fósforo no supere más de 10 veces aproximadamente la tasa natural de incorporación al océano del fósforo procedente de la actividad humana. Los últimos cálculos sobre el límite del fósforo, que incluyen estimaciones de la eutrofización de agua dulce y de los flujos de fósforo al mar, concluyen que las condiciones actuales superan el límite planetario propuesto para el fósforo en lo referente a eutrofización global.<sup>12</sup>

**Ozono estratosférico.** El ozono estratosférico filtra la radiación ultravioleta del sol, protegiendo al ser humano y a otros organismos vivos. El límite sugerido para el ozono se ha establecido en una reducción de menos del 5% de los niveles de la columna de ozono en cualquier latitud, respecto a los valores de 1964-80. Afortunadamente, debido a



F. Lamiot

Proceso de eutrofización con proliferación de algas en una charca en Lille, Francia.



las medidas adoptadas como consecuencia del Protocolo de Montreal y enmiendas posteriores a este acuerdo, la humanidad parece encontrarse en vías de evitar que este límite se supere.

*Acidificación de los océanos.* Añadir dióxido de carbono a los océanos incrementa la acidez (baja el pH) de las aguas superficiales. El ritmo actual de acidificación de los océanos es muy superior al registrado durante los últimos 20 millones de años. Muchos organismos marinos son vulnerables a la acidez, especialmente los que utilizan el carbonato cálcico disuelto en el agua de mar para formar conchas o esqueletos calcáreos (como los corales y el plancton marino). El aumento de acidez de los océanos está haciendo que disminuya la saturación superficial de aragonita (una forma de carbonato). Para evitar que se superen umbrales de posible riesgo, se ha sugerido que el límite de acidificación de los océanos mantenga la saturación de aragonita en las aguas superficiales en un mínimo del 80% del nivel medio global preindustrial.

*Utilización global de agua dulce.* El ser humano altera los caudales de los ríos y los patrones espaciales y estacionales de todos los demás flujos de agua dulce en todo el mundo. El límite del planeta para los recursos de agua dulce ha de garantizar unos flujos hídricos capaces de regenerar las precipitaciones, y de mantener el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y sus servicios (como el secuestro de carbono, el crecimiento de biomasa, la producción de alimentos y la diversidad biológica), asegurando al mismo tiempo la disponibilidad de agua para los ecosistemas acuáticos. Rebasar un consumo anual de aproximadamente 4.000 kilómetros cúbicos de agua dulce podría llevar a la humanidad a umbrales de riesgo a escala regional o continental.

*Cambios en los usos del suelo.* Los cambios de uso del suelo, generados principalmente por la expansión e intensificación agrícola, contribuyen al cambio ambiental global. Se propone que el límite de este cambio se establezca en un máximo del 15% de la superficie mundial de tierras libres de hielo transformadas en cultivo. Actualmente esta cifra ronda el 12%. El margen sugerido del 3% de incremento en tierras arables será utilizado probablemente en las próximas décadas, e incluye terrenos adecuados para la agricultura no cultivados actualmente, o cubiertos de bosques, como las zonas de cultivo abandonadas en Europa, Norte América y la antigua Unión Soviética, así como también algunas zonas de sabana en África y del Cerrado en América del Sur.

*Contaminación atmosférica por aerosoles.* La contaminación por aerosoles aumenta la concentración atmosférica de partículas en suspensión, como polvo, hollín o líquidos pulverizados, y a nivel regional altera los monzones y tiene efectos nocivos para la salud. El conoci-

miento actual sobre el comportamiento de los umbrales globales de los aerosoles es todavía deficiente, por lo que aún no se ha sugerido ningún límite para el planeta.

*Contaminación química.* La contaminación química incluye compuestos radiactivos, metales pesados y una amplia gama de compuestos orgánicos de origen humano, que afectan negativamente al buen estado de los ecosistemas y que están presentes actualmente en el ambiente de todo el planeta. Sus posibles umbrales de riesgo son desconocidos en su mayor parte, y aunque se dispone de amplia evidencia científica sobre determinados compuestos, faltan análisis agregados a nivel global, por lo que es demasiado pronto para sugerir un límite para este tipo de contaminación.

*Límites interdependientes.* Violar uno o más límites del planeta puede tener consecuencias graves para el bienestar humano por el peligro de que al traspasar un umbral se puedan provocar cambios ambientales bruscos, no lineales, en los sistemas continentales e incluso a escala planetaria. Los límites planetarios son interdependientes, pues vulnerar uno de ellos puede hacer que varíen otros límites o que estos sean superados a su vez. Estas interacciones entre los distintos límites no se han tenido en cuenta al realizar los cálculos actuales. Además, estos umbrales en los procesos fundamentales del Sistema Tierra son un hecho independiente de las preferencias y valores de la gente, o de componendas basadas en viabilidades políticas y socioeconómicas. Hasta qué punto estamos dispuestos a internarnos en las zonas de incertidumbre, arriesgándonos a traspasar umbrales críticos, depende de nuestra visión del mundo, de nuestras opciones de vida y de nuestras actuaciones —por lo que se requiere urgentemente conectar de nuevo la actividad humana con la biosfera.<sup>13</sup>

## **Innovación y transformación para lograr una resiliencia global**

El ser humano ha transformado la forma en que funciona el mundo, y ahora debemos modificar también nuestra manera de pensar sobre ello. La sociedad tiene que plantearse muy seriamente nuevas medidas para favorecer la resiliencia del Sistema Tierra y estudiar alternativas para el cambio deliberado de las tendencias insostenibles y las prácticas que la socavan. El futuro es incierto, y nos deparará sorpresas y sobresaltos, pero también oportunidades. No es probable que ligeros cambios incrementales resulten suficientes para que la era del Antropoceno se mantenga en una situación tan favorable para el ser humano como

el Holoceno. Evitar transiciones peligrosas a nivel regional y global requerirá innovaciones y novedades. Cada vez es más evidente que las iniciativas y objetivos del desarrollo deben restringirse a unos ámbitos seguros de actuación, generando oportunidades para un desarrollo social próspero sin rebasar nunca estos límites dinámicos.<sup>14</sup>

El desarrollo a gran escala de las tecnologías de la información, la nanotecnología, la biotecnología y los nuevos sistemas energéticos pueden mejorar significativamente nuestras vidas. Pero si al formularlas no se tiene en cuenta la capacidad adaptativa de la biosfera y los límites seguros de actuación de la humanidad, se corre el riesgo de que las innovaciones tecnológicas y unas políticas eficaces solo a corto plazo impulsen aún más un desarrollo insostenible.

¿Podremos innovar con suficiente rapidez y con la suficiente inteligencia para reorientar nuestro sistema hacia una vía que no sea destructiva y que genere resiliencia ecológica y social a largo plazo? Independientemente de la forma que tome la transición hacia la sostenibilidad, implica encontrar marcos institucionales para estimular los tipos de innovación que resuelvan los problemas ambientales en vez de agravarlos.<sup>15</sup>

El medio ambiente ha sido considerado durante demasiado tiempo como una externalidad del progreso económico —una reserva muy útil e ilimitada de recursos para su explotación económica por el ser humano. Mucha gente sigue considerándolo todavía un subsector social, en vez de todo lo contrario, y es realmente ignorante sobre su dinámica y su importancia.

Pero no hay lugar a dudas actualmente de que la gente y las sociedades son componentes de la biosfera, que dependen del funcionamiento y los servicios de unos ecosistemas que mantienen la vida. Es urgente empezar a tener en cuenta y a administrar prudentemente el capital natural y los servicios ecosistémicos, no solo para salvar el medio ambiente sino por el bien de nuestro propio desarrollo. Se trata de una cuestión de responsabilidad: de si la humanidad como especie tiene los conocimientos, la sabiduría y la madurez suficientes para convertirse en un administrador juicioso del planeta vivo, en vez de tratarlo como si fuese un arsenal inagotable de materias primas.

Prolongar el período de estabilidad relativa de los últimos 10.000 años, que ha permitido a nuestra especie prosperar y crear civilizaciones, propiciando una situación socio-ecológica deseable globalmente, es la clave del desafío para la sostenibilidad global. Una parte importante de este desafío consiste en hacer visible el trabajo de la biosfera en la mente de las personas, de las transacciones financieras y económicas y de la sociedad en su conjunto.

En una sociedad globalizada no hay ecosistemas sin personas, ni personas que no dependan del funcionamiento de los ecosistemas. Ambos están relacionados indisolublemente. Por lo tanto los servicios ecosistémicos no son generados realmente por la naturaleza, sino por los sistemas socio-ecológicos. Los sistemas socio-ecológicos son dinámicos y están conectados, desde lo local a lo global, mediante redes complejas de interacciones sometidas a cambios que pueden ser tanto graduales como bruscos. Unos sistemas socio-ecológicos dinámicos y complejos requieren estrategias que favorezcan su resiliencia, en vez de intentar su control orientándolo hacia la producción óptima y el beneficio a corto plazo, en entornos que son considerados relativamente estables.

El enfoque de límites planetarios nos permite comprender mejor la importancia crucial del buen funcionamiento de la Tierra y de su biosfera para el bienestar humano, alentando una buena administración de nuestro capital natural esencial en todos los ámbitos. El cambio entre considerar a las personas y a la naturaleza como actores aislados, a como sistemas socio-ecológicos interdependientes genera oportunidades apasionantes para un desarrollo social en armonía con la biosfera: una agenda de sostenibilidad global para la humanidad.

## Capítulo 2. Respetar los límites del planeta y recuperar la conexión con la biosfera

1. Carl Folke et al., «Reconnecting to the Biosphere», *Ambio*, vol. 40, núm. 7 (2011), pp. 719–38.

2. Hans Rosling, *Gapminder*, 2012, en [www.gapminder.org/world/](http://www.gapminder.org/world/); Paul J. Crutzen, «Geology of Mankind», *Nature*, 3 de enero de 2002, p. 23; Will Steffen, P. J. Crutzen, y J. R. McNeill, «The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?» *Ambio*, vol. 36, núm. 8 (2007), pp. 614–21.

3. Will Steffen et al., «The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship», *Ambio*, vol. 40 (2011), pp. 739–61.

4. Lisa Deutsch et al., «Feeding Aquaculture Growth through Globalization; Exploitation of Marine Ecosystems for Fishmeal», *Global Environmental Change*, mayo de 2007, pp. 238–49; Evan D. G. Fraser y A. Rimas, «The Psychology of Food Riots», *Foreign Affairs*, 30 de enero de 2011.

5. Folke et al., op. cit. nota 1; Victor Galaz et al., «Institutional and Political Leadership Dimensions of Cascading Ecological Crises», *Public Administration*, junio de 2011, pp. 360–80; Brian Walker et al., «Looming Global-Scale Failures and Missing Institutions», *Science*, 11 de septiembre de 2009, pp. 1.345–46.

6. F. Stuart Chapin, III et al., «Ecosystem Stewardship: Sustainability Strategies for a Rapidly Changing Planet», *Trends in Ecology and Evolution*, 24 de noviembre de 2009, pp. 241–49.

7. Steffen et al., op. cit. nota 3.

8. Gráfico 2–1 de Oran Young y W. Steffen. «The Earth System: Sustaining Planetary Life Support Systems», en F. S. Chapin III, G. P. Kofinas, y C. Folke, eds., *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World* (Nueva York: Springer-Verlag, 2009), pp. 295–315; Chapin et al., op. cit. nota 6; Robert Costanza et al., «Sustainability or Collapse: What Can We Learn from Integrating History of Humans and the Rest of Nature», *Ambio*, vol. 36, núm. 7 (2007), pp. 522–27.

9. Johan Rockström et al., «A Safe Operating Space for Humanity», *Nature*, 23 de septiembre de 2009, pp. 472–75.

10. Tabla 2–1 y datos de esta sección de Johan Rockström et al., «Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity», *Ecology and Society*, vol. 14, núm. 2 (2009).

11. Rockström et al., op. cit. nota 9; Rockström et al., op. cit. nota 10.

12. Stephen R. Carpenter y E. M. Bennett, «Reconsideration of the Planetary Boundary for Phosphorus», *Environmental Research Letters*, vol. 6, núm. 1 (2011).

13. John M. Anderies et al., «The Topology of Non-Linear Global Carbon Dynamics: From Tipping Points to Planetary Boundaries», *Geophysical Research Letters*, en vías de publicación; Folke et al., op. cit. nota 1; Chapin et al., op. cit. nota 6; Young y Steffen, op. cit. nota 8.

14. Carl Folke et al., «Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability», *Ecology and Society*, vol. 15, núm. 4 (2010).

15. Frances Westley et al., «Tipping Towards Sustainability: Emerging Pathways of Transformation», *Ambio*, vol. 40, núm. 7 (2011), pp. 762–80; Melissa Leach

et al., «Transforming Innovation for Sustainability», *Ecology and Society*, vol. 17, núm. 2 (2012).

### Capítulo 3. Definir un espacio seguro y justo para la humanidad

1. Joseph Stiglitz, Amartya Sen, y Jean-Paul Fitoussi, *Report of the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*, en [www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport\\_anglais.pdf](http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf). (Versión en castellano: Informe de la Comisión sobre la Medición del Desarrollo Económico y del Progreso Social, en [http://ambafrance-es.org/france\\_espagne/IMG/pdf/Commission\\_Stiglitz\\_ES.pdf](http://ambafrance-es.org/france_espagne/IMG/pdf/Commission_Stiglitz_ES.pdf).)

2. Johan Rockström et al., «A Safe Operating Space for Humanity», *Nature*, 23 de septiembre de 2009, pp. 472–75; Johan Rockström et al., «Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity», *Ecology and Society*, vol. 14, núm. 2 (2009), p. 32.

3. Rockström et al., «Planetary Boundaries», op. cit. nota 2.

4. Para la necesidad de una mayor clarificación conceptual sobre los límites planetarios, véase Simon L. Lewis, «We Must Set Planetary Boundaries Wisely», *Nature*, 23 de mayo de 2012, p. 417, y Ted Nordhaus, Michael Shellenberger, y Linus Blomqvist, *The Planetary Boundaries Hypothesis: A Review of the Evidence* (Oakland, CA: Breakthrough, 2012).

5. Kate Raworth, *A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live within the Doughnut?* Oxfam Discussion Paper (Oxford: Oxfam International, 2012) (Versión en castellano: *Un espacio seguro y justo para la humanidad: ¿Podemos vivir dentro del donut?* Documento de debate de Oxfam, disponible en [http://www.intermonoxfam.org/sites/default/files/documentos/files/dp-Un%20espacio%20seguro%20130212\\_0.pdf](http://www.intermonoxfam.org/sites/default/files/documentos/files/dp-Un%20espacio%20seguro%20130212_0.pdf)).

6. Gráfico 3–1 de Raworth, op. cit. nota 5, basado en Rockstrom et al., «Safe Operating Space», op. cit. nota 2, y de Rockström et al., «Planetary Boundaries», op. cit. nota 2.

7. Véase, por ejemplo, U.N. Committee on Economic, Social and Cultural Rights, General Comment No. 12: The Right to Adequate Food, 1999, y Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights, The Right to Water, Folleto informativo n° 35 (versión española: Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, El derecho al agua, Folleto informativo n° 35); sobre economía ecológica, véase Herman Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development* (Boston: Beacon Press, 1996), y Paul Ekins, *Economic Growth and Environmental Sustainability: The Prospects for Green Growth* (Londres: Routledge, 2000).

8. Tabla 3–1 basada en los siguientes: población desnutrida, de U.N. Food and Agriculture Organization (FAO), base de datos sobre déficit alimentario, 2012; población que vive con menos de 1,25 dólares diarios (PPP), de S. Chen y M. Ravallion, *The Developing World is Poorer Than We Thought But No Less Successful in the Fight against Poverty*, Policy Research Working Paper (Washington, DC: World Bank, 2008); índice total neto de escolarización en primaria, del Banco de datos Mundial, del Banco Mundial; United Nations, *The Millennium Development Goals Report 2011* (Nueva York: 2011) (en español: Naciones Unidas, *Objetivos de*