

Observatorio Medioambiental

ISSN: 1139-1987

<http://dx.doi.org/10.5209/OBMD.79514>EDICIONES
COMPLUTENSE

¿Antropoceno? Riesgos eco-sociales y geopolítica global: una visión desde la ecología política

Javier Romero Muñoz¹

Recibido: 19 de mayo del 2020/ Enviado a evaluar: 14 de junio del 2020/ Aceptado: 14 de enero del 2021

Resumen. De acuerdo con los datos científicos, hay razones para pensar que hemos dejado atrás el Holoceno para adentrarnos en una nueva época geológica caracterizada por la influencia humana sobre el funcionamiento del sistema planetario global: el Antropoceno. Lejos de ser una hipótesis científica, esta recategorización constituye un cambio de profundas consecuencias geopolíticas, que plantea nuevos desafíos y riesgos eco-sociales para la especie en su conjunto. Este trabajo explora los orígenes y el contenido de esta hipótesis, junto con la Gran Aceleración, prestando especial atención a sus efectos sobre los humanos, así como a sus implicaciones geopolíticas.

Palabras clave: Antropoceno; Geopolítica; Ecología; Política; Riesgos.

[en] Anthropocene: Eco-social risks and global geopolitics: a view from political ecology

Abstract. According to scientists, there are reasons to conclude that we have left behind the Holocene and we are entering into a new geological epoch featured by the human influence on the global planetary system: the Anthropocene. Far from being just a scientific hypothesis, the latter represents a change with deep geopolitical consequences, as it does pose new challenges and eco-social risks for the species as a whole. This paper explores the origins and content of the hypothesis, with the Great Acceleration, paying special attention to its effects on humanity, as well as to its geopolitical implications.

Keywords: Anthropocene; Geopolitical; Ecology; Politics; Risks.

[fr] Anthropocène? Risques écosociaux et géopolitique globale: un regard sur l'écologie politique

Résumé. Selon les données scientifiques, il y a des raisons de penser que nous avons quitté l'Holocène pour entrer dans une nouvelle époque géologique caractérisée par l'influence humaine sur le

¹ Departamento de Historia del Derecho y Filosofía Jurídica, Moral y Política. Universidad de Salamanca (España).

E-mail: jromero@usal.es

funcionamiento del sistema planetario global : l'Anthropocène. Loin d'être une hypothèse scientifique, cette recatégorisation constitue un changement aux conséquences géopolitiques profondes, qui pose de nouveaux défis et risques éco-sociaux pour l'espèce dans son ensemble. Cet article explore les origines et le contenu de cette hypothèse, ainsi que la Grande Accélération, en accordant une attention particulière à ses effets sur les humains, ainsi qu'à ses implications géopolitiques.

Mots-Clés: Anthropocène ; Géopolitique; Écologie; Politique; Des risques

Cómo citar. Romero Muñoz, J. (2021): ¿Antropoceno? Riesgos eco-sociales y geopolítica global: una visión desde la ecología política. *Observatorio Medioambiental*, 24, 45-70.

Sumario. 1. Introducción. 2. Del Antropozoico al Antropoceno: la humanización de la Tierra. 3. La Gran Aceleración y los límites planetarios. 4. Riesgos eco-sociales y geopolítica global. 5. Conclusiones. 6. Bibliografía.

1. Introducción

Que la historia avanza en una determinada dirección es una de las creencias más inamovibles del Occidente moderno a partir del siglo XVIII, sobre todo después de la *revolución dual* propiciada desde la Revolución francesa y la Revolución industrial británica (Hobsbawm, 2014). Es tal la influencia que este discurso ha tenido en el imaginario socio-político que, paradójicamente, está igualmente presente en las estructuras normativas de las grandes tradiciones socio-económicas y políticas modernas como en el caso del liberalismo, el socialismo o el comunismo, entre otros, según señala el politólogo anglo-australiano John Dryzek (2013: 14 y ss.). Entre todos ellos destaca la idea del crecimiento económico ilimitado, enfatizado por los economistas clásicos y neoclásicos, que representa hasta el día de hoy a la economía como un sistema mecánico, circular, sin entradas ni salidas, cerrado, y que no toma en consideración ni el agotamiento de recursos naturales ni la acumulación de residuos y la contaminación global, según los análisis llevados a cabo por la termoeconomía o economía biofísica (Georgescu-Roegen, 1971, 1975; Naredo, 2015; Valero y Valero, 2015; Martínez Alier y Roca, 2018). Esta idea del progreso, que como veremos más adelante a partir de 1945-1950 recibió un impulso exponencial en numerosos ámbitos de la sociedad (población, energía, consumo, tecnología, transporte, turismo, etc.), no se ve como algo problemático geopolíticamente para la civilización actual en términos ecológicos y sociales, sino como un escenario “normal” para el desarrollo de las sociedades modernas.

En este proceso socio-histórico la ecología ha sido la gran olvidada, la secundaria en esta historia. Basta observar el desastre del comunismo soviético en temas ecológicos (Feshbach y Friendly, 1993; Feshbach, 1995) o los problemas que tienen las democracias liberales ante un calentamiento global de raíz humana (Dobson, 1994; Dryzek, Norgaard y Schlosberg, 2013; Eckersley, 2004, 2019), para entender que la problemática ecológica acompaña por igual a las ideologías más representativas del siglo XX. La ecología política, como rama de las ciencias políticas que nació alrededor de los años 70 del siglo XX, estudia principalmente cómo un

“agente externo” que no estaba incluido en el ecosistema primitivo, el *Homo sapiens*, actúa a día de hoy como factor de cambio desde una etapa pasada de interacción local con el resto de los ecosistemas, que mantenía reguladas las poblaciones y estable el medio, a una etapa de interacción global sistémica (Eckerley, 1992; Dobson, 1994, 2005; Dryzek y Schlosberg, 1998; Carter, 2001; Dryzek, 2013). Es en esta interacción, representada por la expansión global del ser humano a lo largo de los continentes, donde el flujo de materia y energía entre comunidades y ecosistemas biológicos entra en crisis, ya sea debido a un cambio climático, a una fuerte sequía o a una ruptura de las cadenas tróficas, entre otros factores. Este proceso de inestabilidad global ha sido caracterizado recientemente como Antropoceno, una hipotética nueva época geológica que de una u otra manera afectará geopolíticamente a las sociedades actuales como veremos a continuación.

2. Del Antropozoico al Antropoceno: la humanización de la Tierra

Un aspecto importante de la investigación geológica moderna ha sido el descubrimiento de entender la Tierra como un (eco)sistema multidimensional que, aunque conste de diferentes partes separadas, estas interaccionarían entre sí. Desde la teoría de la evolución *por selección natural* de Darwin hasta la tectónica de placas, los procesos evolutivos se presentan desde el siglo XIX no solo desde el campo de la biología, sino también desde la geología, pudiendo hablar a día de hoy de una biogeografía que ha estructurado la historia evolutiva de la biosfera desde Pangea, el supercontinente que empezó su fragmentación hace unos 200 millones de años (Jurásico inferior) y que reunió a África, Australia, Eurasia, Norteamérica, Sudamérica y la Antártida según evidencias geopaleontológicas (Tarbuck y Lutgens, 2011: 24-25).

Interpretar y entender la historia de la Tierra ha sido uno de los objetivos fundamentales de la geología. Para ello el concepto de *escala de tiempo geológico*, que John W. Powell acuñó a finales del siglo XIX, ayuda a trazar -mediante estudio de rocas, métodos radiométricos, principios y leyes- los aproximadamente 4.500 millones de años de historia de la Tierra en unidades diferentes. Estas unidades facilitan la comprensión de la estructura temporal del pasado geológico mediante eones, eras, periodos y épocas. Así, por ejemplo, el eón que empezó hace unos 540 millones de años sería el Fanerozoico, que constaría de tres eras (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico), subdivididas en unidades temporales conocidas como periodos que llevarían a las épocas. Centrándonos en el período Cuaternario del Cenozoico constituido por dos épocas, Pleistoceno y Holoceno, esta última ha permitido -con un rango comprendido de 0,012 millones de años en la escala temporal, esto es, unos 10.000 años- la evolución de las especies actuales y, sobre todo, la evolución de la familia de los Hominidae hasta el actual *Homo sapiens* (Cela Conde y Ayala, 2008).

Con una clara evidencia histórica de los senderos de la evolución humana, el *Homo sapiens* empezó a ocupar el conjunto de tierras habitables en unos pocos miles

de años. La humanización de la Tierra o, dicho de otro modo, las migraciones humanas a escala global, pueden caracterizarse como el proceso por el cual el *Homo sapiens* se extendió paulatinamente por el planeta hasta colonizar nuevos hábitats y con ello las regiones habitables hasta la actualidad. Este proceso de “expansión antropogénica” ha llevado al ser humano a ocupar la mayor parte de los continentes de la Tierra, con la consecuyente globalización de riesgos biológicos y ecológicos que ello conlleva para las sociedades modernas. Así, por ejemplo, el clima ha cambiado en los últimos siglos según indica la investigación científica (Flannery, 2006; Archer, 2011), señalando la existencia de un cambio climático de raíz humana según las investigaciones de John Cook y su equipo sobre el consenso científico que se ha dado sobre este tema a nivel mundial (Cook et al., 2013, 2016). Pero no solo el clima se ha visto afectado por el ser humano a escala global. Si analizamos el agotamiento de recursos renovables como la biomasa de la Tierra y su medidor de “huella ecológica” (Wackernagel et al., 2002), los depósitos de agua dulce y su medidor de “huella hídrica” (Hoekstra y Hung, 2002), la deforestación y su medidor de “huella forestal” (GCP, 2016), así como el agotamiento de recursos naturales no renovables como los combustibles fósiles o los metales y minerales (Valero, 2012; Valero y Valero, 2015), sin olvidar el impacto sobre la biodiversidad (Broschimmer, 2005; Kolbert, 2015), podemos observar que el ser humano ha producido exuberantes inestabilidades ecológicas a nivel abiótico y biótico en los distintos ecosistemas.

Para comprender y caracterizar este nuevo estado inusual en la Tierra, donde el *Homo sapiens* actuaría como factor de cambio desde una etapa pasada de interacción local con el resto de los ecosistemas a una etapa de interacción global sistémica, desde mediados del siglo XIX se han ido acuñando diferentes términos que han intentado explicar la presencia e incidencia humana sobre el planeta Tierra según recoge el paleoecólogo Valentí Rull (2018, p. 15 y ss.). Estos términos serían: Antropozoico (1873), Psicozoico (1883), Antropógeno (1922), Noosfera (1924), Edad Atómica (1946), Antroposfera (1966), Antropostroma (1984), Tecnógeno (1988), Ecozoico (1992) y Antroceno (1992). La mayoría de estos términos comparten la característica principal de intentar explicar la incidencia del ser humano sobre la naturaleza con un concepto global. A pesar de todo, ninguno de los términos -desde el Antropozoico al Antroceno- se ha traducido en una propuesta formal, es decir, en una hipótesis presentada a las autoridades y/o comisiones científicas normativamente competentes para su análisis y evaluación como sí ha ocurrido con el término Antropoceno; un término que desea explicar cómo desde un salto cuantitativo de gran envergadura se ha pasado a un salto cualitativo, es decir, de los diferentes análisis aislados sobre las inestabilidades ecológicas a nivel local a un análisis de la inestabilidad global producida por un único factor de cambio: el ser humano.

Aunque el concepto sigue en revisión por la *International Commission on Stratigraphy* (Comisión Internacional de Estratigrafía), el término Antropoceno se propuso en el año 2000 como un posible nuevo término geológico, esto es, una propuesta a añadir en la *Tabla Cronoestratigráfica Internacional* (Crutzen y Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Steffen et al., 2011, 2015a; Ellis, 2018; Dryzek y Pickering, 2019). Para ello, en 2009 se estableció el *Grupo de Trabajo del*

Antropoceno dentro de esta Comisión Internacional con la finalidad de estudiar formalmente el Antropoceno en términos de localización, definición y su posible caracterización dentro del tiempo geológico; una hipotética nueva unidad estratigráfica que deberá ser formalizada como una época diferente de la época geológica postglacial conocida como Holoceno, si finalmente el término es aceptado.

Si bien las principales críticas no personales que se hacen al concepto de Antropoceno, como una hipotética nueva época geológica (y no era como a veces se confunde en varios sectores), provienen en su mayoría de algunos campos aislados de la geología, sus detractores coinciden en que la propuesta hipotética, que no especulativa, concierne más al futuro que al pasado de la Tierra, y que el registro geológico a día de hoy es insuficiente para una adecuada caracterización formal de un campo que trabaja con unidades temporales de millones de años (Rull, 2018: 76 y ss.). Según esta visión, la propuesta de una nueva época geológica no sería viable en el contexto estratigráfico actual porque aún no se tendría registro geológico suficientemente válido en las rocas. El problema que se deriva de este razonamiento es que la evidencia de un registro geológico nuevo se lograría únicamente con una investigación futura global (incidencia de cambios geológicos alrededor del mundo). Este proceso, que precisaría de miles de años para una evidencia científica *real*, tiene el impedimento de no ser lo suficientemente válido para el caso actual, que precisa de nuevas caracterizaciones conceptuales según sus defensores por la rapidez de los cambios producidos a nivel global. Esta situación implica que aunque las tasas de cambio en el Antropoceno se evalúan necesariamente en períodos mucho más cortos que los utilizados para calcular las tasas de referencia a largo plazo, sin embargo presentan desafíos para la comparación directa. Al fin y al cabo, no hay que olvidar que la rapidez de los cambios producidos a escala planetaria por un “agente externo” no incluido en el ecosistema primitivo, el *Homo sapiens*, no siguen en este caso una dinámica natural como en el pasado, y las condiciones cambiarían tan drásticamente que las mediciones clásicas geológicas tienen problemas para ver el cambio.

En este punto no hay que olvidar que, prácticamente, casi todas las épocas, períodos, eras y eones geológicos han sido analizados sin la acción directa del humano sobre la Tierra o en su caso la acción, como en el Plioceno o el Pleistoceno, fue a nivel local y en puntos aislados. Pero a pesar de las críticas geológicas ante un término que sigue en revisión formal, algunos autores hablan ya de una realidad incontestable que está presente en algunos postulados del término Antropoceno, esto es, aceptar por unanimidad que la actividad humana durante siglos ha cambiado los procesos del sistema terrestre (Rull, 2013). A su vez, algunos científicos han indicado cómo las huellas de los ensayos nucleares del siglo pasado pueden llegar a ser marcadores estratigráficos en el registro fósil de la Tierra (Waters et al., 2015). Ejemplos como los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki (1945), y posteriormente los accidentes nucleares de Chernóbil (1986) o la central de Fukushima (2011), han dejado marcadores de radiación nuclear suficiente para poder datarse en los océanos y en los sedimentos de la tierra con efectos perniciosos de radiación ionizante (recordemos que el plutonio posee una vida media de 24.110 años). Además de estos indicadores, no hay que olvidar al respecto las complejas combinaciones químicas sin

precedentes en la historia de la Tierra que se están dando a través de multitud de plásticos, cenizas volantes, radionucleidos, metales, pesticidas, nitrógeno reactivo y altas concentraciones de gases de efecto invernadero (Waters et al., 2016). Entre todos ellos destaca el dióxido de carbono que sobrepasó en 2016 las 400 ppm (partes por millón), esto es, un incremento del 144% respecto a valores preindustriales según la *Organización Meteorológica Mundial* (WMO, 2016). Por otra parte, según un estudio de 2017, a diez mil metros de profundidad se han encontrado restos contaminantes químicos de origen humano gracias a robots submarinos que confirman que allá donde se busque, incluso en las profundidades del océano, la presencia de la actividad humana es innegable como indica Jamieson y su equipo (Jamieson et al., 2017). La incidencia ha sido tal que recientes estudios de este mismo equipo de investigación han logrado encontrar microplásticos y partículas sintéticas ingeridas por anfípodos de aguas profundas en hasta seis ecosistemas marinos distintos (Jamieson et al., 2019).

Si esto puede pare menor, la evidencia geofísica del impacto de la acción humana sobre los recursos naturales renovables y los recursos naturales no renovables, con la consecuente pérdida de biodiversidad y cambio climático, es evidente desde el siglo XX y principios del siglo XXI como veremos en el siguiente apartado. Además, el impacto del ser humano ha sido de tal magnitud en la Tierra en las últimas décadas que ha llevado a postular el concepto de “antroma”, o “bioma antropogénico”, como aquél “sistema ecológico” creado mediante intervención humana directa sobre los ecosistemas naturales, donde aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre están cubiertas por “antromas” en un periodo histórico que va desde el 1700 al año 2000, según los análisis de varios científicos (Ellis y Ramankutty, 2008; Ellis et al., 2010). A su vez, el primer estudio riguroso sobre los residuos del plástico señala que los humanos hemos generado la cantidad de 8.300 millones de toneladas de este material, con una proyección para 2050 de 12.000 millones de toneladas donde solo el 9% es reciclado (Geyer, Jambeck y Lavender Law, 2017).

La novedad del término Antropoceno, sin lugar a dudas, ha sido su traducción en una propuesta formal y geológica. Que el Antropoceno se constituya como una hipótesis rigurosa y formal presentada a las autoridades y/o comisiones científicas normativamente competentes para su análisis y evaluación indica que este concepto es científico, es decir, responde a reglas científicas (análisis, experimentos, hipótesis, etc.). Pero que el Antropoceno sea un concepto científico no excluye que se puedan llevar a cabo reflexiones sociales y políticas sobre la realidad que describe, y mucho menos que sea utilizado para un posible “enfoque unificador” en la crisis ecológica global. El *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* de la ONU (IPCC) ha sido claro al respecto al observar las ventajas que tiene el “enfoque unificador del Antropoceno” a la hora de analizar y estudiar los importantes cambios que las actividades humanas, de una u otra manera, provocan en la estructura y en el funcionamiento del sistema de la Tierra (IPCC, 2019). En este sentido, el Antropoceno proporciona un aval científico a una intuición compartida por muchos analistas de diferentes campos de investigación, acerca del estado actual de las relaciones entre el ser humano y el resto de la naturaleza. Will Steffen, de la

Universidad Nacional Australiana (ANU), ha propuesto en los últimos años una línea cronológica que ayuda a entender mejor esta hipotética nueva época según diferentes periodos (Steffen et al., 2011; 2015a). Según Steffen tenemos:

a) *Período preindustrial* (antes de 1750): Las sociedades humanas preindustriales en este período influyeron de muchas maneras en el entorno natural (pensemos en la agricultura del Neolítico, en la transformación de la naturaleza en la Edad Media o en el Renacimiento), pero carecían de la magnitud, la organización o las tecnologías necesarias para convertirse en una fuerza mayor de cambio global.

b) *Industrialización* (1750-1945): La industrialización en sus dos fases (1750 y 1800) empezó a utilizar de forma desmesurada recursos naturales para el desarrollo de las sociedades. Aquí, los combustibles fósiles (sobre todo el carbón y el petróleo) fueron los protagonistas. La contaminación empezó a asolar las pequeñas y grandes ciudades industriales, afectando con ello a los ecosistemas y a la atmósfera. Entre 1800 y 1945 la población humana creció más de seis veces, la economía, hasta cincuenta, y el uso de energía, hasta cuarenta.

c) *La Gran Aceleración* (1950-): Es a partir de 1945 cuando se produjo el giro más profundo y veloz en la relación entre la sociedad industrial y el medio ambiente. Los datos indican que la población se duplicó en pocos años (*baby boom*), mientras que la economía aumento en quince veces su tamaño (en época del keynesianismo y del liberalismo después de las crisis del petróleo de los años 70) y el número de vehículos de motor aumentó exponencialmente, entre otros muchos ejemplos. Culturas y sociedades se globalizaron e interconectaron tecnológicamente mediante telefonía e Internet. La economía se globalizó en todo el planeta y el efecto de estos cambios globales en el medio ambiente se está traduciendo en una extinción masiva de especies, en un cambio climático *antropogénico*, en un agotamiento de recursos, en enfermedades y en pandemias globales, entre otros.

Los dos últimos periodos señalan que, si bien con anterioridad las actividades humanas solían afectar a entornos locales y regionales, desde la Revolución industrial (1750) el impacto tuvo un efecto exponencial a nivel planetario hasta la actualidad. Aunque a día de hoy el concepto sigue en revisión, numerosos científicos, teóricos de la política, filósofos y sociólogos están mostrando la evidencia del impacto global de las actividades humanas sobre la Tierra adoptando para ello el término Antropoceno.

3. La Gran Aceleración y los límites planetarios

La génesis del Antropoceno, según uno de sus teóricos más característicos, Paul Crutzen, viene representada por el impacto exponencial que la sociedad humana empezó a tener sobre la Tierra y sobre la atmósfera a escala planetaria (Crutzen, 2002). Pero es sobre todo a partir de mediados y finales del XX cuando el Antropoceno toma un nuevo rumbo debido a la Globalización que, en este caso no es sinónimo de internacionalización, sino más bien el proceso resultante de la capacidad de ciertas actividades de funcionar como una unidad en tiempo real a escala planetaria (Castells, 2000). En este sentido hay que destacar sobre todo el papel de la

Globalización después de 1989 como consecuencia de una serie de varios factores. En palabras del filósofo y sociólogo Jürgen Habermas:

Con el término «globalización» designamos los procesos orientados hacia la expansión mundial del comercio y la producción, de los mercados de bienes y capitales, de las modas, los medios y programas, las noticias y las redes de comunicación, los transportes y los movimientos migratorios, los riesgos de la gran tecnología, los daños medioambientales y las epidemias, el crimen organizado y el terrorismo. En estos procesos, los Estados nacionales se ven involucrados en una sociedad mundial cada vez más interdependiente y de la que ellos mismos dependen; una sociedad mundial cuya especificación funcional prosigue sin reparar en absoluto en fronteras territoriales (Habermas, 2006: 170).

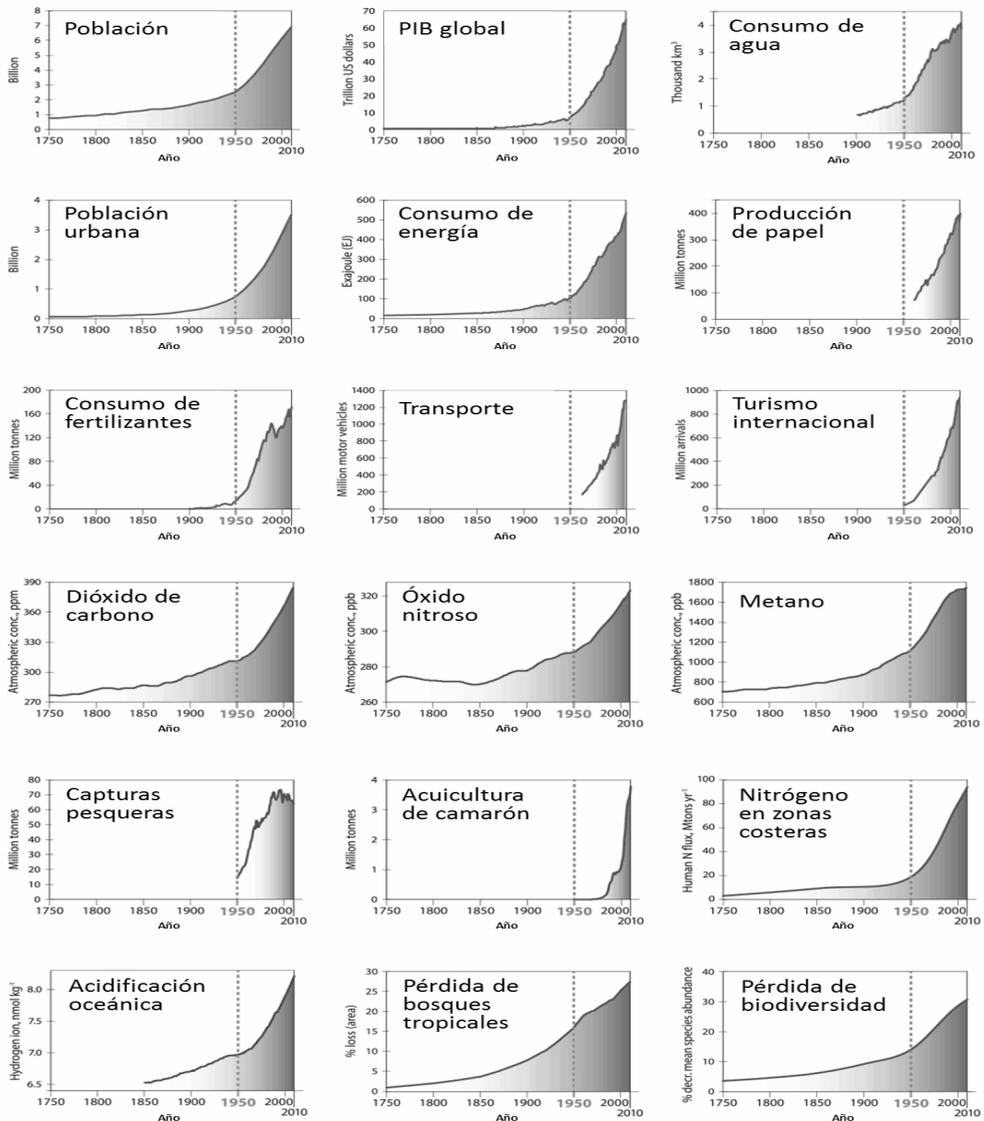
El Antropoceno a día de hoy materialmente estaría inmerso en una Tercera Revolución industrial de raíz tecnológico-digital, como consecuencia de la Gran Aceleración que se empezó a dar a partir de 1950 como se indica en la Figura 1.

Esta Gran Aceleración se caracteriza a partir de 18 indicadores de crecimiento exponencial, entre muchos otros, comprendidos entre el año 1950 y el año 2010. Estos indicadores están relacionados directamente con el desarrollo socio-económico mundial los nueve primeros y con la estructura y el funcionamiento del sistema terrestre los otros nueve. Como podemos observar, las dinámicas de movimiento a partir de 1950 son significativas en las tasas de cambio para la mayoría de los indicadores, poniendo de manifiesto cómo en los últimos 60 años hay un período de cambios drásticos y sin precedentes en la historia humana y en la historia geofísica de la Tierra. Así, por ejemplo, hay un incremento exponencial de la población mundial en miles de millones de personas, en el Producto Interior Bruto mundial en dólares estadounidenses (PIB), en el consumo mundial de agua en miles de Km³ desde 1900 (riego, uso doméstico, uso industrial, agua destinada al ganado y producción eléctrica), en una población urbana mundial en miles de millones de personas, en el uso mundial de energía primaria (en extrajulios), en la producción mundial de papel en millones de toneladas, en el consumo mundial de fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio) en millones de toneladas, en el número global de vehículos a motor nuevos por año y en el turismo internacional por año (en millones), entre otros factores derivados del modelo socio-económico keynesiano y, tras las crisis del petróleo de 1970, del liberalismo económico de la no intervención estatal.

A esta dinámica social hay que sumar la dinámica ecológica derivada de esta civilización en, por ejemplo, la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂) a partir de los registros de hielo (en partes por millón: ppm), la concentración atmosférica de óxido nitroso (N₂O) a partir de registros de hielo (en partes por billón: ppb), la concentración atmosférica de metano (CH₄) a partir de registros de hielo (en partes por billón: ppb), las capturas de peces marinos en millones de toneladas (especies costeras, demersales y pelágicas), la producción mundial de camarones mediante acuicultura en millones de toneladas, la estimación del flujo de nitrógeno inducido por el ser humano en los márgenes costeros (flujo fluvial, de aguas residuales y por deposición atmosférica), la acidificación oceánica derivada de la concentración superficial media de iones de hidrógeno, la pérdida de bosques

tropicales y el descenso porcentual promedio en la abundancia de especies (pérdida de biodiversidad y extinción).

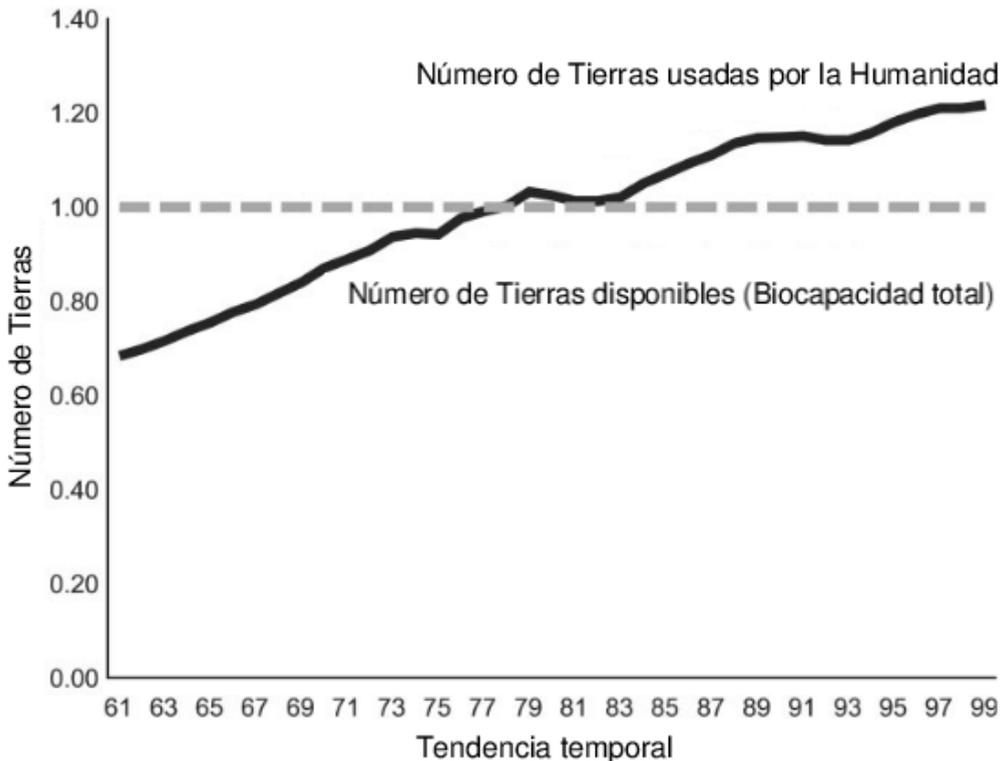
Figura 1: La Gran Aceleración



Fuente: Steffen et al., 2011, 2015a (adaptación)

Es evidente que la Gran Aceleración ha ejercido, como hemos podido observar, una gran presión sobre nuestro planeta, pero ¿exactamente cuánta presión puede absorber? La eliminación de biomasa en las últimas décadas, debido a la influencia antropogénica, ha sido precisada mediante una herramienta que examina la extralimitación existente entre, por una parte, las hectáreas globales del planeta y, por otra parte, las hectáreas demandadas por la sociedad humana. Esta herramienta ha sido caracterizada como “huella ecológica”.

Figura 2: Huella ecológica y biocapacidad total



Fuente: Wackernagel et al., 2002 (adaptación)

Propuesta por primera vez por Mathis Wackernagel y sus colaboradores, su finalidad es establecer mediciones precisas del impacto directo de las actividades humanas sobre los distintos ecosistemas en relación con la capacidad de carga de la Tierra. De acuerdo con la definición de Wackernagel la “huella ecológica” se puede caracterizar como la extensión de tierra necesaria para suministrar los recursos necesarios a la sociedad humana, así como la absorción de emisiones de CO₂, en relación con la capacidad ecológica del planeta para regenerar sus fuentes (Wackernagel et al., 2002). La “huella ecológica” convierte la totalidad de

sinecología (flujo de materia y energía entre comunidades y ecosistemas) en hectáreas de terreno productivo. Este método hace posible medir la huella de un país determinado (por el lado de la demanda), analizando el área total de consumo de hectáreas en relación con la capacidad productiva de la biosfera (por el lado de la oferta). El consumo de hectáreas de las sociedades en este proceso se caracterizaría en: a) *consumo directo de hectáreas* (cultivo, pastoreo, madera, pesca, etc.) y b) *consumo indirecto de hectáreas* (infraestructuras humanas como vivienda, transporte, industria, etc.). Estos agentes implicados a varias escalas, individual y colectiva -de la vivienda familiar a las metrópolis-, han superado en las últimas décadas la biocapacidad total de la Tierra.

Midiendo la biocapacidad regenerativa del planeta en un año (unidad vertical) en una tendencia temporal concreta por el número de habitantes (unidad horizontal), Wackernagel y su equipo han concluido que el consumo humano actual de recursos se sitúa desde 1999 un 20% por encima de la capacidad de carga mundial. En otras palabras, esto supone decir que la demanda total de biomasa, que excedió su capacidad alrededor de 1980, precisa para su desarrollo de 1,2 Tierras para solventar las demandas globales de la civilización actual (Figura 2).

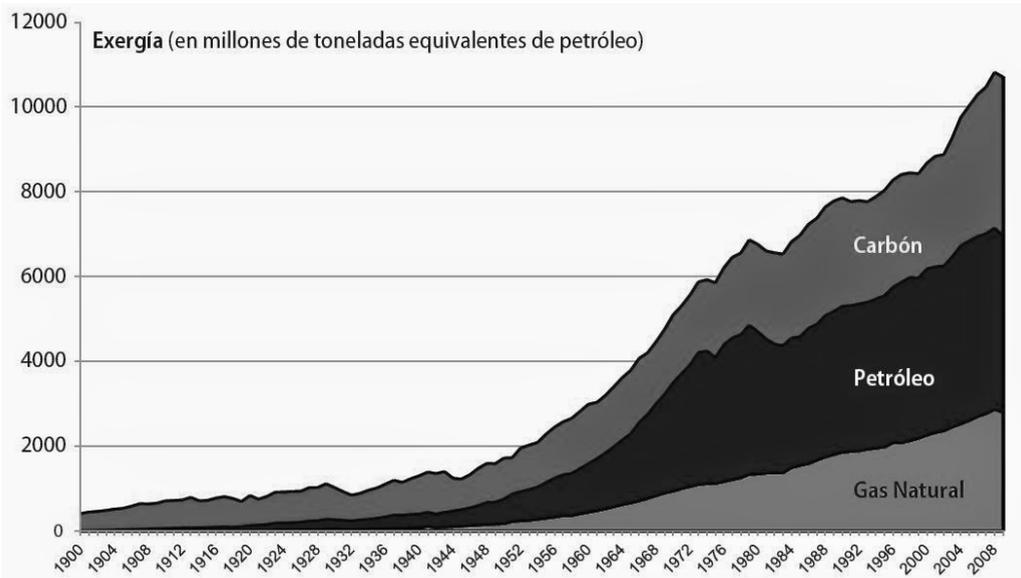
Esta situación insostenible afecta a factores edáficos como la pérdida de calidad en el terreno y su estructura, a la degradación del suelo, etc., así como a otros factores abióticos y bióticos en los distintos ecosistemas, sin olvidar el impacto geopolítico sobre las sociedades. Siguiendo el *Informe Brundland* de la ONU de 1987, que sitúa en un 12% la protección total de la biosfera, Wackernagel observa que el actual impacto de la humanidad sobre la biomasa debería reducir sus niveles a 1970 si se desea cumplir las recomendaciones de la ONU. Un 20% de carga supone un alto nivel de riesgo ecológico para los ecosistemas, la biodiversidad y la vida humana en general.

Si a este medidor de “huella ecológica” sumamos los análisis de otros medidores como el de “huella hídrica” (Hoekstra y Hung, 2002) o el de “huella forestal” (GCP, 2016), observamos que al cambio climático *antropogénico* se añade una degradación de la naturaleza renovable a nivel mundial. Por otra parte, si bien un recurso renovable puede llegar a regenerarse por su propia dinámica natural en un cierto período de tiempo, un recurso no renovable (como el carbón, el petróleo, el gas natural, los metales y minerales, entre otros) no puede ser regenerado y reutilizado, o en su caso los ciclos de regeneración son muy costosos y lentos. El proceso de extralimitación de los recursos no renovables será la mayor parte de las veces insostenible por la incapacidad de regeneración de sus fuentes, aumentando o disminuyendo según las demandas y la política global.

El problema en la actualidad es que la Tierra se ha convertido es una gran mina para el ser humano, extrayendo millones de toneladas de combustible fósil, de metales y minerales (Valero, 2012; Valero y Valero, 2015). En lo que respecta a los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), desde el siglo XX han adquirido un papel singular mediante el incremento exponencial del *coste energético de un producto*. Esta magnitud indica la cantidad de energía necesaria para producir una infraestructura, un medio de transporte, ropa, alimento, etc., con un alto impacto

ambiental en los principales ecosistemas de extracción así como en la atmósfera y en la contaminación global. La extracción de combustible fósil que se ha realizado a lo largo del siglo XX sitúa a las sociedades del siglo XXI ante una dependencia mundial energética de un recurso no renovable e insostenible en proceso de agotamiento (Figura 3).

Figura 3: Extracción de combustible fósil (1900-2008)



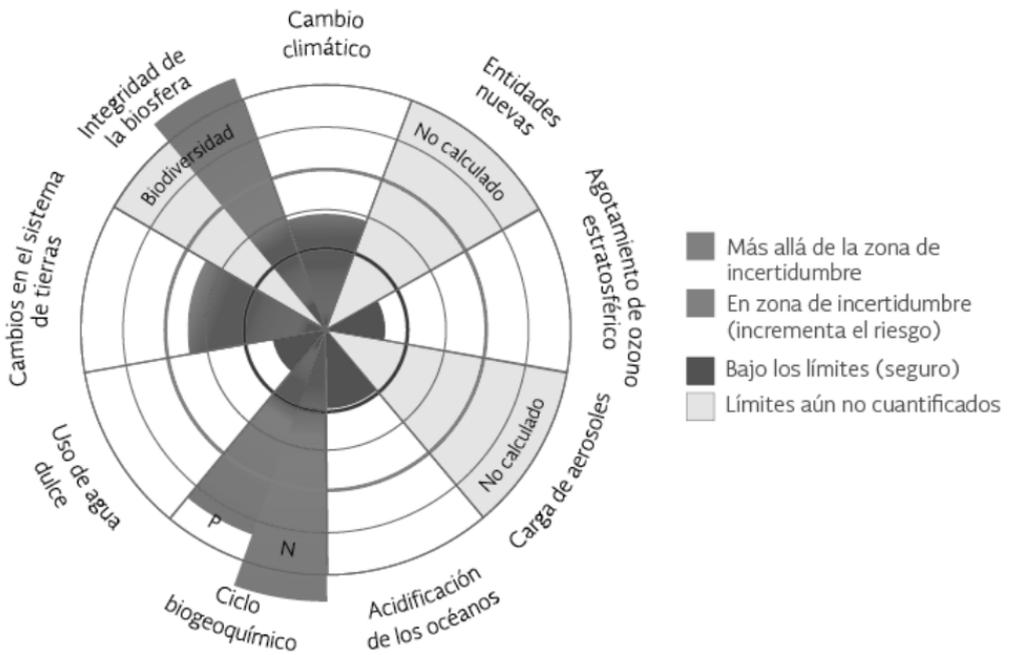
Fuente: Valero y Valero, 2015 (adaptación)

Las cifras de finales de 2010 sitúan la energía consumida mediante combustible fósil en un 88% (carbón: 30%, petróleo: 34% y gas natural: 24%), observando que el 12% restante estaría dividido en energía renovable (1%), energía nuclear (5%) y energía hidroeléctrica (6%) (Valero y Valero, 2015: 147 y ss.). Estas conclusiones muestran un *status quo* idéntico al siglo XX respecto al consumo por parte del ser humano de los principales combustibles fósiles que, al mantener una estabilidad de consumo idéntica en el siglo XXI, presentan un escenario insostenible ecológicamente.

Además de estas cifras, la Tercera revolución industrial de raíz tecnológico-digital aumenta sin ningún tipo de control la extracción de metales y minerales en relación a la agricultura industrial o la infraestructura digital, entre otros. Según señalan los científicos Antonio y Alicia Valero (2015: 517-521) prácticamente todos los elementos estables de la tabla periódica tienen hoy un uso industrial que precisa de multitud de minerales y metales para su producción además de un exuberante uso de energía y agua. Para Antonio Valero (2012: 25) la cantidad de materiales que se

utilizan, por ejemplo, en la creación de TICs en la mayoría de los casos usan niveles de miligramos de este material, lo que imposibilita un reciclado de los mismos, dispersándose así en vertederos electrónicos donde se corroen y, por tratarse de metales muy pesados, contaminan con su toxicidad los ecosistemas. Algunos elementos críticos utilizados en tecnología TIC (ordenadores, teléfonos móviles, microelectrónica, *Internet of Things* y sistemas de *Big Data*), así como en vehículos eléctricos e híbridos, o en energía sostenible, son: Indio (pantallas táctiles y paneles fotovoltaicos), Tántalo (teléfonos móviles, ordenadores y satélites), Telurio (metalurgia y paneles fotovoltaicos), Coltán (condensadores), Hafnio (microprocesadores y lámparas), Litio (ordenadores y baterías) o Vanadio (vehículos eléctricos, paneles fotovoltaicos y parques eólicos), entre muchos otros minarles geoestratégicos.

Figura 4: Los límites planetarios



Fuente: Röckström et al., 2009; Steffen et al., 2015b (adaptación)

Esta recopilación de extralimitaciones en numerosos campos hace que, algunos conceptos postulados para el Holoceno, como el concepto de “desarrollo sostenible” sea hoy insuficiente (Dryzek, 2013: 147 y ss.), además de ambiguo y poco claro como ha señalado la profesora Velayos (2008). Ahora bien, si el Antropoceno presenta problemas para adaptarse a un concepto poco claro, ambiguo y que ha llevado a

muchos a seguir manteniendo un *status quo* en temática ambiental, ¿qué concepto alternativo al “desarrollo sostenible” puede utilizarse hoy para cambiar la dinámica de desarrollo eco-social? Algunos autores, como Johan Rockström y Will Steffen, han propuesto en los últimos años un nuevo concepto, con ecos del *Informe al Club de Roma* de 1972, conocido como “límites planetarios” (Rockström et al., 2009; Rockström y Klum, 2015; Steffen et al., 2011, 2015b).

La idea principal de estos autores ha sido el intento de identificar y cuantificar los límites que no deberían transgredirse en los próximos años -debido al estrés ecosistémico-, si con ello no se desea llegar a un estado irreversible en términos termodinámicos, esto es, un estado desconocido de incertidumbre para la Tierra y para los habitantes que viven en ella. Desde 2009 los científicos y numerosos equipos de investigación a sus espaldas han identificado nueve límites que representan los sistemas claves para el soporte vital de la vida en la Tierra según las condiciones dadas en el Holoceno. Estos límites son: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el ciclo biogeoquímico del nitrógeno y el fósforo, el ozono estratosférico, la acidez en los océanos, el uso global de agua dulce, los cambios en los sistemas de suelo, el aerosol atmosférico y la polución química, según se indica en la siguiente figura (Figura 4).

Según los autores, en la actualidad dos límites han traspasado la zona de incertidumbre con un “alto riesgo” ecológico que imposibilita controlar las variables de análisis. Estos dos límites más allá de la zona de incertidumbre son: la *pérdida de biodiversidad* (extinción masiva y con ello pérdida de diversidad genética para regular múltiples funciones biológicas y ecológicas) y los *ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y el fósforo* necesarios para la vida en la Tierra. A su vez, dos límites se encuentran en la actualidad en una zona de incertidumbre respecto al futuro, incrementando las situaciones de “riesgo” ecológico. Estos dos límites son: el *cambio climático antropogénico* y los *cambios en los sistemas de suelo*, esto es, la alteración climática en términos antropogénicos (destacando las más de 400 ppm de dióxido de carbono en la atmósfera) y la alteración antropogénica de los principales ecosistemas de la Tierra (desestabilización de los recursos renovables y no renovables). Por último, tres límites están a salvo de “riesgo” ecológico: el ozono estratosférico, el uso global de agua dulce y, en el límite de esta zona segura, la acidificación de los océanos. Dos límites no pueden ser cuantificados o determinados en la actualidad como son la cantidad de aerosol atmosférico y la polución química.

Los “límites planetarios” representan un desarrollo novedoso dentro del campo de la ecología en relación con el término Antropoceno, siendo mencionados ambos recientemente incluso por la ONU en su Informe de 2019, *The Future is Now* (UN, 2019a). Pero tal como señalan Dryzek, Norgaard y Schlosberg (2013) su propuesta no va más allá del campo analítico de la ciencias ambientales y las alternativas socio-políticas no son analizadas o, en su caso, se recurre -como observa Dryzek- a soluciones dentro del marco de expertos científicos (Dryzek, 2013: 15). Su incorporación a los análisis ecológicos permite únicamente ampliar el discurso de los “límites y supervivencia” más allá del discurso de “desarrollo sostenible” observando

cómo nos situaríamos en una *terra incognita* -más allá de lo experimentado por el *Homo sapiens* en el Holoceno- si traspasamos esos límites (Steffen, 2014: 31-34).

4. Riesgos eco-sociales y geopolítica global

Sin lugar a dudas estamos ante un problema (geo)político, social y ético verdaderamente complejo como indica Will Steffen (2014) en referencia al Antropoceno. Algunos analistas siguen anclados en el pensamiento del Holoceno y en considerar a los temas ecológicos como una cuestión secundaria de análisis socio-político, minimizando el impacto de las consecuencias eco-sociales a nivel global. Al fin y al cabo *la familiaridad reduce la inseguridad* como señalaba Tony Judt. Según el historiador y pensador británico:

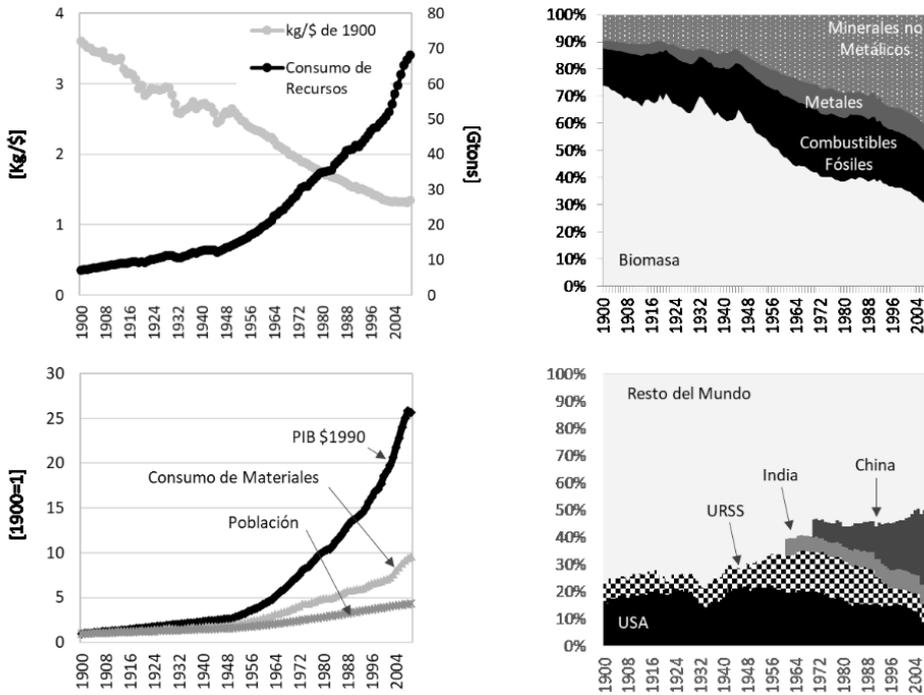
La familiaridad reduce la inseguridad, por eso nos sentimos más cómodos describiendo y combatiendo riesgos que pensamos que comprendemos: los terroristas, los inmigrantes, el paro o la delincuencia. Pero las verdaderas fuentes de inseguridad durante décadas venideras serán las que la mayoría de nosotros no podemos definir: el cambio climático y sus efectos sociales y medioambientales, la decadencia imperial y sus “pequeñas guerras” concomitantes; la impotencia política colectiva ante convulsiones distantes, pero con un impacto destructivo total (Judt, 2010: 218-219).

Entre muchos sociólogos y analistas políticos sin lugar a dudas ha sido Ulrich Beck (2014) el que ha caracterizado a la sociedad actual como una “sociedad del riesgo”, esto es, un nuevo desarrollo socio-histórico sin precedentes en la historia de la humanidad caracterizado por la socialización de las destrucciones y amenazas de la naturaleza y su transformación en contradicciones y en conflictos económicos, sociales y políticos. La transformación de las amenazas de la naturaleza en amenazas sociales es “el desafío real del presente y del futuro que justifica el concepto de sociedad del riesgo” (Beck, 2014: 113-114). De alguna manera Beck tiene razón. Desde la perspectiva del Antropoceno la “sociedad del riesgo” significa considerar al *Homo sapiens* como actor geológico de cambio, con las consecuencias y riesgos que en el presente y en el futuro se presentan para una civilización que se pone a sí misma en peligro. Hasta ahora ha sido considerablemente fácil para los humanos analizar, describir e intentar proponer alternativas socio-políticas, con una creencia demasiado confiada en su capacidad de manipulación y análisis, a una “realidad que controla”. Con el Antropoceno y los “límites planetarios”, propiciados desde la Gran Aceleración, la geopolítica global cambia considerablemente y la amenaza eco-social no solo se traduce en una amenaza para otros seres vivos sino también para los seres humanos que habitan el planeta. Pero ¿cómo es de inmensa la amenaza y el riesgo? Cuando se traduce el impacto que tiene y tendrá, por ejemplo, el cambio climático *antropogénico* y el agotamiento de recursos naturales sobre las sociedades y los seres humanos actuales y futuros, hablamos de cifras considerables de *afectados críticos*.

No es fácil hacerse una idea de la cantidad de afectados que traerá la crisis ecológica. Una investigación de 2018 en la revista *Nature* perfila cálculos con un nivel de detalle crítico. Drew Shindel y su equipo han analizado que, en un mundo 2

grados más caliente por el cambio climático, morirían solo por la contaminación del aire 150 millones de personas más que en uno con 1,5 grados (Shindel et al., 2018).

Figura 5: Dinámicas de proyección: recurso, consumo y población



Fuente: Krausmann et al., 2009; Infante-Amate, González de Molina y Toledo, 2017 (adaptación)

El IPCC, que es bastante cauto en sus Informes a la ONU, no se ha quedado corto en esta cifra cuando en 2019 elevó los riesgos de muerte en un mundo entre 1,5 y 2 grados más caliente a millones de vidas humanas (IPCC, 2019: 51). David Wallace-Wells (2019: 41) ha sido claro al respecto: 150 millones de vidas humanas como indica el estudio de Shindel equivalen a veinticinco Holocaustos o, lo que es lo mismo según el autor, tres veces el recuento de muertes por la campaña de medidas socio-económicas impulsadas por Mao Zeodong en la China comunista a mediados del siglo XX, o el doble del mayor número de víctimas mortales que aproximadamente se dieron en la Segunda Guerra Mundial. Está claro, como indica Wallace-Wells, que los números no empiezan a incrementarse en el momento en que se alcanza la cifra de los 1,5 grados o de los 2 grados. A día de hoy se estiman cálculos de al menos 7 millones de muertes anuales solo por la contaminación del aire según un Informe de la *Organización Mundial de la Salud* (Wallace-Wells, 2019: 41).

Si el Antropoceno es funcional y estratigráficamente distinto del Holoceno, los análisis de riesgo social y geopolítico también lo son (riesgos eco-sociales). Fridolin Krausmann y otros autores han observado que, entre el año 1900 y el año 2005, la extracción total de material durante este siglo ha aumentado en un factor de 8 su magnitud. Solo en 2005, observan los autores, se extrajeron y utilizaron más de 59 gigatoneladas de materiales en todo el mundo en comparación a las aproximadamente 7,12 gigatoneladas del año 1900 (Krausmann et al., 2009). En relación a otras variables, sabemos que el crecimiento de recursos ha sido superior al de una población que se ha multiplicado en el siglo XX por 4,4 según un pionero estudio sobre el metabolismo social (Infante-Amate, González de Molina y Toledo, 2017).

Tal como se observa en la Figura 5, las dos imágenes de la izquierda corresponden a los análisis sobre el consumo de recursos y el aumento de la población en el último siglo, observando crecimientos exponenciales a partir de la gran transformación dada a mediados del siglo XX tras la Segunda Guerra Mundial, ese período que Will Steffen y otros autores han caracterizado como la Gran Aceleración. Estas dinámicas van a tener muchos problemas geopolíticos en el futuro si se desean seguir manteniendo a nivel global: aumento de población, escasez de recursos, contaminación, pérdida de biodiversidad, ruptura de las cadenas tróficas, etc. Esta dinámica indica que si el consumo y la extracción de recursos bióticos y, sobre todo, abióticos sigue aumentando sin ningún tipo de control y cambio en el modelo socio-económico, las consecuencias directas serán una drástica disminución de su oferta a nivel mundial en pocas décadas, con la consecuente desestabilización económica, social y política que ello conlleva.

En lo que respecta a las dos imágenes de la derecha, estas indican tanto la evolución del consumo de materiales en toneladas así como el consumo de materiales por países en porcentaje del consumo mundial. Así, por ejemplo, si bien el carbón impulsó la hegemonía global del Reino Unido en el siglo XIX y el petróleo la hegemonía global de Estados Unidos en el siglo XX, el gas natural se presenta en el siglo XXI -junto con el petróleo y los metales y minerales- como un recurso estratégico que divide geopolíticamente, en un equilibrio de poder globalizado, a diversos países del mundo (piense uno, por ejemplo, en los juegos de poder entre China, EE.UU y Rusia, así como en sus respectivos aliados en América Latina, Oriente Medio, Reino Unido, India, Japón, Europa o Australia, entre otros). Los combustibles fósiles y los metales y minerales en el siglo XX, y principios del siglo XXI, se presentan como los recursos abióticos más utilizados en energía doméstica, industrial, institucional, transporte, telecomunicaciones, informática, seguridad, energía renovable, etc., (re)organizando la nueva geopolítica global (Klare, 2003, 2006, 2008).

El problema en la actualidad es la visión generalizada de una Tierra que se ha convertido es una gran mina para el ser humano como se ha indicado con anterioridad, extrayendo en las últimas décadas millones de toneladas de combustible fósil, de metales y minerales. Los datos muestran que en 1999 se extrajeron unos 9.600 millones de toneladas, así como en el año 2010 la demanda global fue de 45.000 millones de toneladas, esto es, hablamos de 35.400 millones de toneladas más

en apenas 11 años (Valero, 2012; Valero y Valero, 2015). Estos datos señalan una estrecha relación entre minerales, energía, sociedad y medio ambiente en un modelo de civilización que utiliza sin control minerales energéticos y minerales no energéticos sin valorar ni examinar los límites geofísicos de la Tierra. Por otra parte, las predicciones demográficas de la ONU para los próximos años indican que la población mundial seguirá creciendo a nivel global. A mediados de 2019 la población alcanzó los 7.700 millones de personas, habiendo agregado mil millones de personas más a la Tierra desde el año 2007 y dos mil millones desde el año 1994 (UN, 2019b). Se espera que la población mundial alcance los 8.500 millones de personas en 2030, los 9.700 millones en 2050 y unos 10.900 millones en 2100 (UN, 2019b: 5).

Si la población, según estima la ONU, sigue aumentando y heredará el modelo socio-industrial que está consumiendo sin control recursos naturales y contaminando la atmósfera, ¿qué posibilidades tiene de supervivencia?, ¿qué volumen de población puede soportar un determinado entorno antes de colapsar o degradarse por sobrecarga cuando estamos utilizando ya un 20% más de Tierra? Cuanto más crezca una civilización en este modelo socio-político, esto es, aumento en *progresión geométrica* o exponencial de la población junto con un aumento en *progresión aritmética* en recursos, más riesgos eco-sociales va a tener.

5. Conclusiones

Tenemos como mucho, desde la perspectiva optimista de algunos gobiernos que empiezan a tomar en serio la crisis ecológica, unas tres décadas para descarbonizarnos por completo y cambiar la dinámica eco-social. Esto parece ser utópico y poco realista cuando, recientemente, varios científicos han mostrado, gracias a satélites de la NASA, el rápido deterioro de hielo marino Ártico. Los científicos han estimado que el hielo marino de esta zona desaparecerá alrededor del verano de 2025-2033, lo que desencadenará una rápida aceleración del calentamiento global y una desestabilización repentina del clima mundial, esto es, nuevas condiciones catastróficamente hostiles para la mayoría de la vida en la Tierra (Peng et al., 2020). Otro artículo reciente basado en análisis estadísticos sobre el Ártico, no en datos de satélite, afirma con una probabilidad del 60% que no existirá hielo marino en verano para la década de 2030 (Diebold y Rudebusch, 2019). Que no exista en unos años hielo marino Ártico significa directamente *bajo albedo* en hielo, aumento del nivel del mar y una aceleración del cambio climático sin precedentes, entre otros factores.

A medida que el cambio climático *antropogénico* continúe, así como la extracción sin ningún tipo de control sobre los recursos naturales, los riesgos para la biodiversidad aumentarán con el tiempo. Según un estudio en *Nature* de abril de 2020 sobre más de 30.000 especies, los investigadores han concluido que el colapso de los ecosistemas se producirá a partir de 2030 en océanos tropicales, extendiéndose para 2050 a los bosques tropicales y a las latitudes más altas si no se toman medidas drásticas ante la crisis ecológica global (Trisos, Merow y Pigot, 2020). Estamos, si seguimos en esta línea y sin cambiar el rumbo eco-social, en una crisis ecológica sin

precedentes con sus concomitantes crisis multidimensionales, caos sistémico, ruina ecológica y guerras por los recursos (Oreskes y Conway, 2014). Analistas en seguridad internacional y geopolítica climática como Michael Klare, Harald Welzer o Gwynne Dyer hablan a día de hoy de las graves consecuencias, humanas y ambientales, que las sociedades tendrán en un futuro cercano. En resumen, los autores hablan de los problemas que las sociedades tendrán para sobrevivir en un planeta que se calienta por el cambio climático, que se agota en recursos renovables y no renovables y que pierde biodiversidad a gran escala (Klare, 2003, 2006, 2008; Welzer, 2010; Dyer, 2012).

En un horizonte cercano el mundo empezará a sufrir las consecuencias directas del cambio climático *antropogénico* y el agotamiento de recursos naturales. Un ejemplo va a ser el daño irreversible en los organismos debido a un incremento de la temperatura donde el límite superior de resistencia general al calor en, por ejemplo, animales homeotermos como las aves o los mamíferos se sitúa alrededor de los 43°C permanentes (Margalef, 1980: 129). Otras consecuencia serán las hambrunas, los tifones, los tornados, los incendios, la falta de agua, la pérdida de biodiversidad y su impacto en las cadenas tróficas, las guerras por los recursos, las migraciones masivas de refugiados climáticos, las plagas y las pandemias, etc. Según un Informe del IPCC existen otras consecuencias derivadas de un calentamiento global destacando la alteración climática en los ecosistemas, la calidad de las aguas, la agricultura, la flora, las corrientes oceánicas, las tormentas o el incremento del nivel del mar que afectará a grandes metrópolis como Nueva York, Florida, San Francisco, Países Bajos, Pekín, Shangai o Bangladesh (IPCC, 2014). En lo que respecta a España, Antonio Cerrillo (2020) ha logrado sintetizar recientemente tanto las señales y los signos de la emergencia climática así como los diferentes escenarios de calentamiento, desde el deshielo de glaciares en los Pirineos al delta del Ebro devorado por el mar, sin olvidar los bosques en llamas, el calentamiento de las ciudades o los sucesos extremos en el Mediterráneo, entre otros factores que afectarán a la agricultura, al turismo y a la sociedad española en general.

Por otra parte, estamos tan acostumbrados a una supuesta estabilidad económica y al crecimiento continuado gracias al “capitalismo fósil” incentivado desde el siglo XVIII por el carbón, el petróleo y el gas natural, que en un horizonte de crisis ecológica no vemos el retroceso económico y el posterior colapso que habrá cuando ya no se puedan quemar más combustibles. Según varios economistas, entre ellos Marshall Burke de la Universidad de Stanford, si no hay un cambio en la economía global se espera que los ingresos globales promedio se reduzcan en un 23% para 2100, ampliando la desigualdad y la desestabilidad socio-política mundial (Burke, Hsiang y Miguel, 2015; Diffenbaugh y Burke, 2019). Para hacernos una idea de la magnitud, la Gran Depresión de 1929 provocó aproximadamente una caída del PIB de alrededor del 15%, así como la Gran Recesión de 2008 lo redujo en alrededor de un 2% con las consecuentes crisis económicas y sociales. Al fin y al cabo la crisis ecológica plantea un retroceso económico que no está producido por factores internos al sistema cerrado de la macroeconomía, sino que se da por una categoría completamente distinta y externa, es decir, ecológica y climática. Tal es la gravedad

del asunto que, en 2016, el Banco Mundial estimó que la senda actual de emisiones de dióxido de carbono empeorará las condiciones de vida de millones de personas, arrastrando a 100 millones más a la extrema pobreza en 2030 (World Bank Group, 2016). A su vez, el grupo Goldman Sachs, uno de los grupos de banca de inversión y de valores más grande del mundo con sede en Wall Street, emitió en septiembre de 2019 un Informe sobre las desastrosas consecuencias del cambio climático para la salud humana, las ciudades y la economía local y global (Goldman Sachs, 2019). En este caso los desastres naturales, las inundaciones, las pandemias, el calor, las hambrunas y la crisis de salud pública desencadenada por estos factores harán retroceder la economía considerablemente.

Desde esta perspectiva, los recursos naturales y la geografía urbana menos afectada por la crisis ecológica serán insuficientes para sustentar las proyecciones de población de la ONU: de 8.500 millones de personas en 2030 a los 9.700 millones en 2050, o los 10.900 millones en 2100 como vimos con anterioridad. La escasez de agua, alimentos y el impacto geográfico desigual del calentamiento global llevarán a una crisis alimentaria aguda y permanente que desembocará en migraciones masivas desde los países del sur hacia los países del norte según las proyecciones climáticas (Welzer, 2010; Dyer, 2014; Naïr, 2016, Wallace-Wells, 2019). Los análisis sobre “refugiados-migrantes medioambientales”, esto es, personas que se han visto obligadas a migrar a otros lugares debido a la degradación medioambiental experimentada en su lugar de origen, auguran una gran crisis humanitaria sin precedentes históricos debido a las migraciones de millones de personas que por razones climáticas pueden llegar a suceder en los próximos años según observa el analista político Sami Naïr (2016: 29-33). Un claro ejemplo fue la sequía en Siria, que duro cinco años (de 2006 a 2011), provocando malas cosechas y problemas ambientales que generaron inestabilidades socio-políticas contribuyendo, de una u otra manera, a una guerra civil que produjo la crisis mundial de refugiados, o crisis migratoria en el Mediterráneo, según señala Wallace-Wells (2019: 109) siguiendo al científico Peter Gleick de la Universidad de California en Berkeley. Este ejemplo muestra que conforme vayamos viviendo en el siglo XXI la humanidad se irá enfrentando a una elección disyuntiva clave. En palabras de Michael Klare esto significa: “...o seguir por el camino de la competencia cada vez más intensa por los recursos, que nos lleva a estallidos periódicos de la conflictividad en todo el planeta, o elegir la gestión de las reservas mundiales mediante un régimen cooperativo” (Klare, 2003: 276).

Ante la crisis de la democracia liberal en los últimos años, y la posible alternativa que se presenta desde el populismo “democrático”, algunos teóricos de la democracia deliberativa han observado que estos modelos están incapacitados para resolver *problemas complejos* eco-sociales (Dryzek 1990, 1996, 2000, 2006; Habermas, 1992, 1999, 2009; Pickering, Bäckstrand y Schlosberg, 2020). En lo que respecta al populismo como “alternativa” a la democracia liberal, este modelo centrado en la lucha antagonica, en la exclusión, en el dualismo amigo/enemigo, en la no cooperación y en considerar a la ecología como un tema secundario (e incluso se han dado casos de populismos anti-ecológicos y negacionistas), es un modelo ineficiente

en la actualidad para resolver los cinco problemas que necesitan de una intervención global política a gran escala tal como ha señalado Jürgen Habermas en los últimos años (Habermas, 2009: 95; 2013: 124). Estos cinco problemas serían:

1. los desafíos de las catástrofes ecológicas y las previsiones globales ante un colapso de los contrapesos ecológicos fundamentales para la vida,
2. la seguridad internacional y los riesgos macrotecnológicos,
3. la distribución de los recursos escasos y el hambre,
4. las desigualdades económicas y la pobreza, y
5. la violación de los derechos humanos y las injusticias.

En el intento de “doblegar la curva” de los problemas eco-sociales desde una perspectiva democrática aún tenemos un margen de maniobra y acción en ecología política que, aunque sea pequeño, se mueve dentro de los límites de la democracia y de los derechos humanos. Al fin y al cabo estas son las amenazas (cambio climático, refugiados, hambruna, sequía, pandemia, etc.), como observa Tony Judt, “que los políticos chovinistas estarán en mejores condiciones de explotar precisamente porque conducen muy fácilmente a la ira y a la humillación” (Judt, 2010: 219). Cuanto más expuesta esté la sociedad, más débil será el Estado y mayor será la probabilidad de un retroceso político. Desde esta perspectiva, un gobierno central fuerte y de deriva autoritaria resulta atractivo para diversos analistas medioambientales como han defendido algunos ecologistas neohobbesianos (Garrett Hardin o Robert Heilbroner), ecologistas profundos (Pentti Linkola), reformistas estructurales con una perspectiva de gestión ambiental (Lynton Caldwell), socialistas planificadores (Hugh Stretton) o conservadores burkeanos que desean una masiva restricción, inculcada por una élite, de la demanda de los bienes ecológicos (William Ophuls), entre otras propuestas socio-políticas. Pero si tal como muestran los análisis presentados la crisis ecológica traerá una caída abrupta del PIB como se prevé para las décadas venideras, la economía, la sociedad y la política van a necesitar de una remodelación global sin precedentes en la historia; una remodelación mediante modelos democráticos en los términos defendidos, por ejemplo, por los demócratas deliberativos, antes que otros modelos menos amistosos con la democracia, la diversidad y el pluralismo empiecen a ocupar el lugar socio-político.

6. Bibliografía

- Archer, David (2011). *Global warming: Understanding the Forecast*, Padstow: John Wiley and Sons.
- Beck, Ulrich (2014). *La sociedad del riesgo: Hacia una nueva modernidad*, Barcelona: Editorial Paidós.
- Broschimmer, Franz (2005). *Ecocidio*, Pamplona: Editorial Laetoli.

- Burke, Marshall, Hsiang, Solomon, y Miguel, Edward (2015). «Global non-linear effect of temperature on economic production». *Nature*, 527, 235-239. <https://doi.org/10.1038/nature15725>
- Castells, Manuel (2000). «Globalización, Estado y sociedad civil: El nuevo contexto histórico de los derechos humanos». *Isegoría. Revista de Filosofía Moral y Política*, 22, 5-17. <https://doi.org/10.3989/isegoria.2000.i22.518>
- Carter, Neil (2001). *The Politics of the Environment: Ideas, Activism, Policy*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cela Conde, Camilo J., y Ayala, Francisco (2008). *Senderos de la evolución humana*, Madrid: Alianza Editorial.
- Cerrillo, Antonio (2020). *Emergencia climática. Escenarios de calentamiento y sus efectos en España*, Barcelona: Libros de Vanguardia.
- Cook, John; Nuccitelli, Dana; Green, Sarah; Richardson, Mark; Winkler, Bärbel; Painting, Rob; Way, Robert; Jacobs, Peter y Skuce, Andrew (2013). «Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature». *Environmental Research Letters*, 8, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024024>
- Cook, John; Oreskes, Naomi; Doran, Peter; Anderegg, William; Vergegen, Bart; Maibach, Ed; Carlton, Stuart; Lewandowsky, Stephan; Skuce, Andrew; Green, Sarah; Nuccitelli, Dana; Jacobs, Peter; Richardson, Mark; Winkler, Bärbel; Painting, Rob y Rice, Ken (2016). «Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming». *Environmental Research Letters*, 11, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
- Crutzen, Paul (2002). «Geology of mankind». *Nature*, 415, 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>
- Crutzen, Paul, y Stoermer, Eugene (2000). «The Anthropocene». *International Geosphere Biosphere Programme*, 41: 17-18.
- Diebold, Francis, y Rudebusch, Gleen (2019). «Probability Assessments of an Ice-Free Arctic: Comparing Statistical and Climate Model Projections». *Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2020, 2*, 1-29. <https://doi.org/10.24148/wp2020-02>
- Diffenbaugh, Noah, y Burke, Marshall (2019). *Global warming has increased global economic inequality. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 9808-9813. <https://doi.org/10.1073/pnas.1816020116>
- Dobson, Andrew (1994). *Green Political Thought*, New York: Routledge.
- Dobson, Andrew (2015). *Environmental Politics. A Very Short Introduction*, Oxford: Oxford University Press.
- Dryzek, John S. (1990). *Discursive Democracy. Politics, Policy, and Political Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Dryzek, John S. (1996). *Democracy in Capitalist Times: Ideals, Limits, and Struggles*, Oxford: Oxford University Press.
- Dryzek, John S. (2000). *Deliberative Democracy and Beyond. Liberals, Critics, Contestations*, Oxford: Oxford University Press.
- Dryzek, J. (2006). *Deliberative global politics. Discourse and democracy in a divided world*, Cambridge: Polity Press.

- Dryzek, John S (2013). *The Politics of the Earth. Environmental Discourses*, Oxford: Oxford University Press.
- Dryzek, J., y Schlosberg, D. (2001). *Debating the Earth: The Environmental Politics Reader*, Oxford: Oxford University Press.
- Dryzek, J., Norgaard, R., y Schlosberg, D. (2013). *Climate-Challenged Society*, Oxford: Oxford University Press.
- Dryzek, John S., y Pickering, Jonathan (2019). *The Politics of the Anthropocene*, Oxford: Oxford University Press.
- Dyer, Gwynne (2014). *Guerras climáticas. La lucha por sobrevivir en un mundo que se calienta*, Barcelona: Libbooks.
- Eckersley, Robyn (1992). *Environmentalism and Political Theory: Toward an Ecocentric Approach*, New York: Routledge.
- Eckersley, Robyn (2004). *The Green State: Rethinking Democracy and Sovereignty*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Eckersley, Robyn (2020). «Ecological democracy and the rise and decline of liberal democracy: looking back, looking forward». *Environmental Politics*, 29(2), 214-34. <https://doi.org/10.1080/09644016.2019.1594536>
- Ellis, Erle (2018). *Anthropocene: A Very Short Introduction*, Oxford: Oxford University Press.
- Ellis, Erle, y Ramankutty, Navin (2008). «Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world». *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 439-447. DOI:10.1890/070062
- Ellis, Erle; Goldewijk, Kees; Siebert, Stefan; Lightman, Deborah y Ramankutty, Navin (2010). «Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000». *Global Ecology and Biogeography*, 19, 589-606. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x>
- Feshbach, Murray (1995). *Ecological Disaster: Cleaning up the Hidden Legacy of the Soviet Regime*, New York: Twentieth Century Fund Press.
- Feshbach, Murray, y Friendly, Alfred (1993). *Ecocide in the USSR: Health And Nature Under Siege*, New York: BasicBooks.
- Flannery, Tim (2006). *La amenaza del cambio climático*, Madrid: Editorial Taurus.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1975). «Energy and Economic Myths». *Southern Economic Journal*, 41, 347-381.
- GCP (2016). *Sleeping giants of deforestation: the companies countries and financial institutions with the power to save forests*. Oxford: Global Canopy Programme.
- Geyer, Roland; Jambeck, Jenna y Lavender Law, Kara (2017). «Production, use, and fate of all plastics ever made». *Science*, 3, 1-5. DOI: 10.1126/sciadv.1700782
- Goldman Sachs (2019). *Taking the Heat: Making Cities Resilient to Climate Change*, New York: Goldman Sachs.
- Habermas, Jürgen (1992). *Faktizität und Geltung. Beiträge zur Diskurstheorie des Rechts und des demokratischen Rechtsstaats*, Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Habermas, Jürgen (1990). *Problemas de legitimación del capitalismo tardío*, Madrid: Editorial Cátedra.
- Habermas, Jürgen (2006). *El Occidente escindido*, Madrid: Editorial Trotta.
- Habermas, Jürgen (2009). *¡Ay, Europa! Pequeños escritos políticos*, Madrid: Editorial Trotta.

- Habermas, Jürgen (2013). *Im Sog der Technokratie*, Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag
- Hobsbawm, Eric (2014). *Trilogía eras: La Era de la Revolución 1789-1848, La Era del Capital 1848-1875, La Era del Imperio 1875-1914*, Barcelona: Editorial Crítica.
- Hoekstra, Arjen, y Hung, Peter (2002). «Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade». *Value of Water Research Report Series*, 11, 1-120.
- Infante-Amate, Juan; González de Molina, Manuel, y Toledo, Víctor (2017). «El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones». *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27 130-152.
- IPCC (2014). *Fifth Assessment Report (5AR)*, Ginebra: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2019). *Calentamiento global de 1,5°C*, Ginebra: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jamieson, Alan; Malkocs, Tamas; Piertney, Stuart; Fujii, Toyonobu, y Zhang, Zulin (2017). «Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna». *Nature Ecology & Evolution*, 1, 1-4. <https://doi.org/10.1038/s41559-016-0051>
- Jamieson, Alan; Brooks, Lee; Reid, William; Piertney, Stuart; Narayanaswamy, Ben, y Linley, Tom (2019). «Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth». *Royal Society Open Science*, 6, 1-11. <https://doi.org/10.1098/rsos.180667>
- Judt, Tony (2010). *Ill Fares the Land: A Treatise on Our Present Discontents*, New York: Penguin.
- Klare, Michael (2003). *Guerras por los recursos. El futuro escenario del conflicto global*, Barcelona: Tendencias Editores.
- Klare, Michael (2006). *Sangre y petróleo. Peligros y consecuencias de la dependencia del crudo*, Barcelona: Tendencias Editores.
- Klare, Michael (2008). *Planeta sediento, recursos menguantes. La nueva geopolítica de la energía*, Barcelona: Tendencias Editores.
- Kolbert, Elizabeth (2015). *La Sexta Extinción*, Barcelona: Editorial Crítica.
- Krausmann, Fridolin; Gingrich, Simone; Eisenmenger, Nina; Erb, Karl; Haberl, Helmut, y Fischer-Kowalski, Marina (2009). «Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century». *Ecological Economics*, 68, 2696-2705. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.007>
- Margalef, Ramón (1980). *Ecología*, Barcelona: Ediciones Omega.
- Martínez Alier, Joan, y Roca, Jordi (2018). *Economía ecológica y política ambiental*, Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Naïr, Sami (2016). *Refugiados. Frente a la catástrofe humanitaria, una solución real*, Barcelona: Editorial Planeta.
- Naredo, José Manuel (2015). *La economía en evolución. Historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*, Madrid: Editorial Siglo XXI.
- Oreskes, Naomi, y Conway, Erik (2014). *The Collapse of Western Civilization. A view from the future*, New York: Columbia University Press.

- Peng, Ge; Matthews, Jessica; Wang, Muyin; Vose, Russell, y Sun, Liqiang (2020). «What Do Global Climate Models Tell Us about Future Arctic Sea Ice Coverage Changes?». *Climate*, 8, 1-24. <https://doi.org/10.3390/cli8010015>
- Pickering, Jonathan; Bäckstrand, Karin, y Schlosberg, David (2020). «Between environmental and ecological democracy: theory and practice at the democracy-environment nexus». *Journal of Environmental Policy & Planning*, 22, 1-15. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2020.1703276>
- Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persoon, Åsa; Chapin, Stuart; Lambin, Eric; Lenton, Timothy; Scheffer, Marten; Folke, Carl; Joachim Schellnhuber, Hans; Nykvist, Björn; De Wit, Cynthia; Hughes, Terry; Van der Leeuw, Sander; Rodhe, Henning; Sörlin, Sverker; Snyder, Peter; Costanza, Robert; Svedin, Uno; Falkenmark, Malin; Karlberg, Louise; Corell, Robert; Fabry, Victoria; Hansen, James; Walker, Brian; Liverman, Diana; Richardson, Katherine; Crutzen, Paul, y Foley, Jonathan (2009). «A safe operating space for humanity». *Nature*, 461, 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Rockström, Johan, y Klum, Mattias (2015). *Big world, small planet: Abundance within Planetary Boundaries*, Stockholm: Bokförlaget Max Ström Publishing.
- Rull, Valentí (2013). «A futurist perspective on the Anthropocene». *The Holocene*, 23, 1-4. <https://doi.org/10.1177%2F0959683613483628>
- Rull, V. (2018). *El Antropoceno*, Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Shindel, Drew; Faluvegi, Greg; Seltzer, Karl, y Shindell, Cary (2018). «Quantified, localized health benefits of accelerated carbon dioxide emissions reductions». *Nature*, 8, 291-295. DOI : 10.1038/s41558-018-0108-y
- Steffen, Will (2014). A Truly Complex and Diabolical Policy Problem, en John Dryzek,; Richard Norgaard y David Schlosberg (ed.s). *The Oxford Handbook of Climate Change and Society*. Oxford: Oxford University Press, 21-37.
- Steffen, Will; Persson, Åsa; Deutsch, Lisa; Zalasiewicz, Jan; Williams, Mark Richardson, Katherine; Crumpley, Carole; Crutzen, Paul; Folke, Carl; Gordon, Line; Molina, Mario; Ramanathan, Veerabhadran; Rockström, Johan; Scheffer, Marten; Joachim Schellnhuber, Hans, y Svedin, Uno (2011). «The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship». *Royal Swedish Academy of Sciences*, 40, 739-761. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0185-x>
- Steffen, Will; Broadgate, Wendy; Deutsch, Lisa; Gaffney, Owen, y Ludwig, Cornelia (2015a). «The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration». *The Anthropocene Review*, 2, 81-98. <https://doi.org/10.1177%2F2053019614564785>
- Sotelo Pérez, I. (2020). *Disertación científica sobre sostenibilidad territorial y medio ambiente*. Observatorio medioambiental, nº 23, págs. 9-20
- Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockström, Johan; Cornell, Sarah; Fetzer, Ingo; Bennet, Elena; Biggs, Reinette; Carpenter, Stephen; Vries, Wim; De Wit, Cynthia; Folke, Carl; Gerten, Dieter; Heinke, Jens; Mace, Georgina; Persson, Linn; Ramanathan, Veerabhadran; Reyers, Belinda, y Sörlin, Sverker (2015b). «Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet». *Science*, 347, 736-745. <https://doi.org/10.1177%2F0973408215600602a>
- Tarback, Edward, y Lutgnes, Frederick (2011). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*, Madrid: Pearson Educación S.A.

- Trisos, Christopher; Merow, Cory, y Pigot, Alex (2020). «The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change». *Nature*, 580, 496-501. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2189-9>
- UN (2019a). *Global Sustainable Development Report 2019: The Future is now*. Science for Achieving Sustainable Development, New York: United Nations.
- UN (2019b). *World Population Prospects 2019*, New York: United Nations.
- Valero, Aantonio (2012). *Evaluación del agotamiento del capital mineral de la Tierra. Más allá del cambio climático*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Valero, Antonio, y Valero, Alicia (2015). *Thanatia: The Destiny of the Earth's Mineral Resources: a Thermodynamic Cradle-to-cradle Assessment*, London: World Scientific Publishing Company. <https://doi.org/10.1142/7323>
- Velayos, Carmen (2008). «¿Qué sostenibilidad?: una lectura desde la Filosofía Práctica». *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 101, 13-26.
- Wackernagel, Mathis; Schulz, Niels; Deumling, Diana; Callejas Linares, Alejandro; Jenkins, Martin; Kapos, Valerie; Monfreda, Chad; Loh, Jonathan; Myers, Norman; Norgaard, Richard, y Randers, Jorgen. (2002). «Tracking the ecological overshoot of the human economy». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 9266–9271. <https://doi.org/10.1073/pnas.142033699>
- Wallace-Wells, David (2019). *El planeta inhóspito: la vida después del calentamiento*, Barcelona: Debate.
- Waters, Colin; Syvitski, James; Galuszka, Agnieszka; Hancock, Gary; Zalasiewicz, Jan; Cearreta, Alejandro; Grinevald, Jacques; Jeandel, Catherine; McNeill, John; Summerhayes, Colin, y Barnosky, Anthony (2015). «Can nuclear weapons fallout mark the beginning of the Anthropocene Epoch?». *Bulletin of the Atomic Scientists*, 71, 46-57. <https://doi.org/10.1177%2F0096340215581357>
- Waters, Colin; Zalasiewicz, Jan; Summerhayes, Colin; Barnosky, Anthony; Poirier, Clément; Galuszka, Agnieszka; Cearreta, Alejandro; Edgeworth, Matt; Ellis, Erle; Ellis, Michael; Jeandel, Catherine; Leinfelder, Reinhold; McNeill, John; Richter, Daniel; Steffen, Will; Syvitski, James; Vidas, Davor; Wagreich, Michael; Williams, Mark; Zhizheng, An; Grinevald, Jacques; Odada, Eric; Oreskes, Naomi, y Wolfe, Alexander (2016). «The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene». *Science*, 351, 137-147. DOI: 10.1126/science.aad2622
- Welzer, Harald (2010). *Guerras climáticas. Por qué mataremos (y nos matarán) en el siglo XXI*, Madrid: Katz Editores.
- WMO (2016). «The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere on Global Observations through 2015». *WMO Greenhouse Gas Bulletin*, 12, 1-8.
- World Bank Group (2016). *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Washington D.C: International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.