

CAPÍTULO 1: CONTEXTO INTRODUCTORIO

En las ciencias relacionadas con la ecología se enfatiza la primacía del medio ambiente como el contexto natural en el cual emerge y evoluciona la vida. Desde diversos puntos de vista se han enfocado sucesivamente el conjunto de elementos componentes de esa compleja manifestación de la naturaleza, en la que recursos y diversidad se entrelazan; en función de un estado de equilibrio de las complejas interacciones que constantemente están produciéndose para conformar los ecosistemas; desde una escala microscópica, como es la microbiota del suelo, hasta la global, que es la biosfera. El papel de la especie dominante, el ser humano, en tanto que representa la emergencia más perfeccionada del sistema viviente, ha evolucionado inteligentemente en aras de controlar y disponer de los recursos del ecosistema; creando, a través de su existencia, una cultura o manera de ver el mundo enmarcada en sus relaciones sociales y modos de vida; prevaleciendo una visión antropocéntrica, por encima de la biocéntrica o la ecocéntrica, que parte de la premisa falsa de que los recursos de la biósfera son infinitos. Al mismo tiempo, tal dominio implica transformaciones, la mayor parte de las veces, esencialmente disruptivas del equilibrio inicial del cual emergen. Surge entonces, lo que se ha llamado el Antropoceno.

1.1 Antropoceno: nueva época o evento geológico

Existe evidencia científica sólida y creciente de que hemos entrado en una nueva época geológica, el **Antropoceno**, propone Crutzen (2021), donde la humanidad se ha convertido en una fuerza global de cambio a escala planetaria. El Antropoceno es una época geológica propuesta¹ caracterizada por los impactos significativos y rápidos de las actividades industriales en el medio ambiente de la Tierra, incluido el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la contaminación, el cambio de uso de la tierra, el agotamiento de los recursos, el crecimiento de la población, los avances tecnológicos, la globalización, la extinción masiva antropogénica, y crecientes desigualdades. Aunque el Antropoceno aún no está oficialmente reconocido por la Comisión Internacional de Estratigrafía, muchos científicos e investigadores abogan por su formalización.

¹ <https://globaia.org/anthroposphere>

El inicio del Antropoceno es un tema actualmente debatido entre los científicos, con diferentes fechas propuestas en función de varios marcadores impulsados por humanos. Un punto de partida propuesto es 1945, que se alinea con varios otros eventos profundamente significativos, aunque interconectados:

1. El comienzo de la Era Atómica (Trinidad);
2. El bombardeo atómico de Hiroshima y Nagasaki;
3. El final de la Segunda Guerra Mundial;
4. El fin del Holocausto;
5. La creación de las Naciones Unidas, y;
6. La chispa que encendió la Gran Aceleración.

La Gran Aceleración, posterior a la Segunda Guerra Mundial, se refiere a la rápida escalada de la población humana, el crecimiento económico y el consumo de recursos, lo que lleva a transformaciones ambientales y sociales sin precedentes a escala global (Rammelt, Gupta, Liverman, *et al.*, 2023), caracterizada por la inequidad general y una falta de justicia social.

Porque hasta hace poco, el examen de esta relación hombre-ecosistema no se analizaba de manera sistémica y holística, escrutando cada parte por separado, sin enfocar y desentrañar las complejas interacciones que de hecho condicionan y afectan el funcionamiento de los ecosistemas donde el hombre habita y de los cuales obtiene servicios indispensables para su funcionamiento y evolución. Así, ante el uso intensivo de los recursos naturales en los ecosistemas, aparejado con las innovaciones tecnológicas en los campos de la biotecnología, la salud y las telecomunicaciones han surgido numerosas interrogantes alrededor de tal separación en los enfoques de la situación.

Por ejemplo, Leach, Scoones & Stirling (2010) se plantean algunas preguntas:

- ¿Cómo están los agricultores de las zonas áridas de África enfrentando los desafíos del cambio climático y las enfermedades?
- ¿Se pueden aprovechar los potenciales de las nuevas biotecnologías agrícolas y de la salud para ayudar, o provocarán nuevas incertidumbres y oportunidades perdidas para aprovechar las propias adaptaciones de los agricultores?
- ¿Y cómo, en un mundo de tecnologías y mercados de drogas, semillas, energía y uso de agua que avanzan rápidamente, se pueden desarrollar arreglos regulatorios y de suministro que satisfagan los intereses de los pobres?

- ¿Cómo deben repensarse los modelos globales de regulación para que funcionen en entornos sociales y políticos dinámicos?
- ¿Y cómo pueden estos modelos responder a las propias perspectivas de las personas más pobres y marginadas sobre el riesgo y la incertidumbre, basadas en sus vidas cotidianas y medios de subsistencia?

Folke, Polasky y Rockström (2021) consideran que la humanidad está incrustada en, entrelazada con y dependiente de la biosfera viviente. La humanidad se ha convertido en una fuerza global que moldea el funcionamiento y el futuro de la biosfera y del sistema terrestre más amplio. El cambio climático y la pérdida de biodiversidad son síntomas de la situación. La expansión acelerada de las actividades humanas ha erosionado la resiliencia de la biosfera y del sistema terrestre y ahora está desafiando el bienestar humano, la prosperidad e incluso la persistencia de sociedades y civilizaciones. La expansión ha llevado a la hiperconectividad, la homogeneización y la vulnerabilidad en tiempos de cambio, en contraste con la modularidad, la redundancia y la resiliencia para poder vivir con circunstancias cambiantes. En el Antropoceno, la humanidad se enfrenta a tiempos turbulentos y a nuevas dinámicas entrelazadas de personas y planetas donde los cambios rápidos y lentos interactúan de formas impredecibles y sin experiencia. Esto se está convirtiendo en la nueva normalidad.

Sin disminuir o menoscabar la existencia de serios problemas ambientales y de desarrollo, sin embargo, debemos responder a estos de manera efectiva a través de una mirada más cercana a los sistemas dinámicos y complejos que caracterizan esas realidades, bajo un enfoque analítico más profundo y transdisciplinario, que nos permita observar las interacciones de diferentes sistemas (sociales, ecológicos, tecnológicos) a través de múltiples escalas y tal y cómo se desarrollan en lugares específicos y bajo contextos particulares. Y esto es precisamente lo que intenta alcanzar el enfoque de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible que se exponen en los capítulos que componen este libro.

1.2 Los límites planetarios

Rockström *et al.* (2009), en un artículo citado en más de 3.000 documentos científicos a la fecha, y ampliamente discutido en la comunidad científica durante los últimos 13 años, al igual que otros artículos posteriores que amplían y actualizan los conceptos centrales de la propuesta, consideran que las presiones antropogénicas en el sistema de la Tierra han llegado a una escala donde ya no puede negarse que existe un abrupto cambio ambiental global, proponiendo un nuevo enfoque de la sostenibilidad integral, en el que definen los *límites planetarios* necesarios,

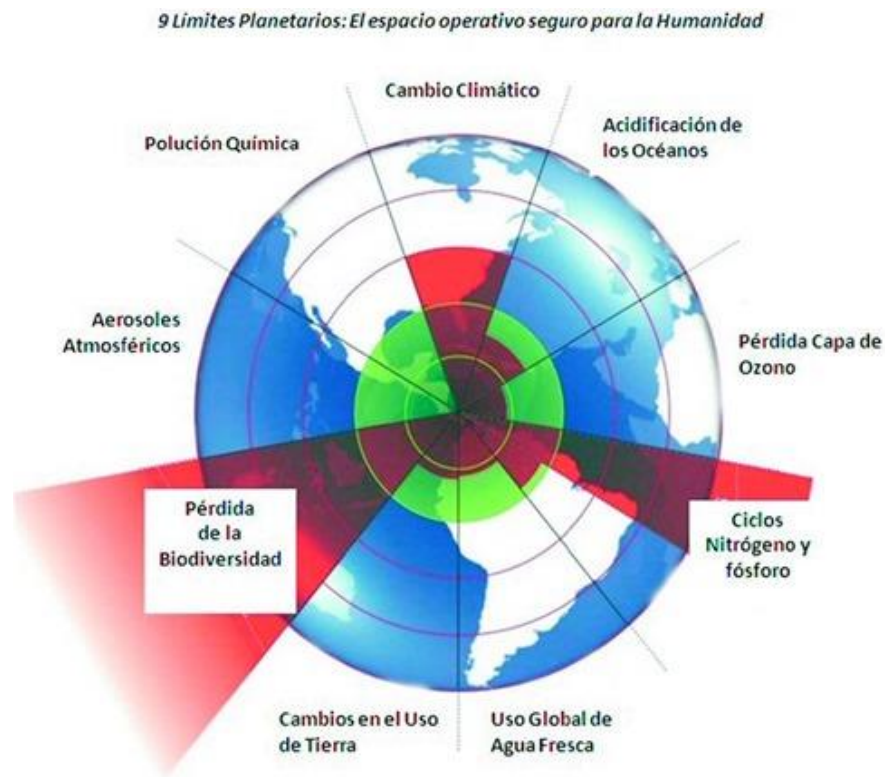
dentro de los cuales la humanidad pueda operar con seguridad. Transgredir uno o más límites planetarios puede ser perjudicial o incluso catastrófico, debido al riesgo de traspasar umbrales que desencadenen un cambio del medio ambiente no lineal y abrupto, a escala continental o planetaria. Los autores identifican nueve límites planetarios y, con base en los conocimientos científicos actuales, proponen las debidas cuantificaciones para siete de ellos:

- El cambio climático (concentración de CO₂ en la atmósfera <350 ppm y/o un cambio máximo de 1 W/m² en el forzamiento radiativo),
- Acidificación de los océanos (pH del agua de mar superficial estado de saturación con respecto a la aragonita ≥ 80% del nivel pre-industrial),
- El ozono estratosférico (<5% de reducción en la concentración del O₃ con respecto al nivel pre-industrial de 290 unidades Dobson),
- Ciclo biogeoquímico del nitrógeno (límite de la fijación industrial y agrícola de N₂ a 35 Tg N/año) y el ciclo del fósforo (ingreso anual de P en los océanos que no exceda 10 veces el fondo natural de desgaste del P),
- El uso mundial de agua dulce (<4.000 km³/año de uso consuntivo de los recursos de escorrentía),
- El cambio del sistema Tierra (<15% de la superficie terrestre libre de hielo bajo tierras cultivadas),
- La velocidad a la que se pierde la diversidad biológica (tasa anual de <10 extinciones por millón de especies).
- La contaminación química y
- La carga de aerosoles atmosféricos.

En la Figura 1 se visualizan los límites planetarios identificados por Rockström *et al.* (2009), quienes estiman que la humanidad, para esa fecha, ya había transgredido tres límites planetarios: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y los cambios en los ciclos globales del nitrógeno y del fósforo. Los límites planetarios son interdependientes, porque uno de ellos puede afectar o modificar la magnitud de otros o provocar su transgresión. Los impactos sociales de transgredir estos límites estarán en función de la capacidad de recuperación socio-ecológica de las sociedades afectadas.

Figura 1.

Límites planetarios: el espacio operativo seguro para la humanidad



Fuente: Rockström *et al.*, (2009)

Una revisión posterior del estado actual de los límites planetarios indica que ya son cuatro los límites planetarios que han sido transgredidos (Rockström, 2015), pues existe evidencia de que los *cambios en el uso de la tierra* han alcanzado los límites previstos, debido al aumento de la deforestación en las zonas boreales y tropicales. Los límites propuestos son sólo estimaciones preliminares, rodeados de grandes incertidumbres y lagunas de conocimiento.

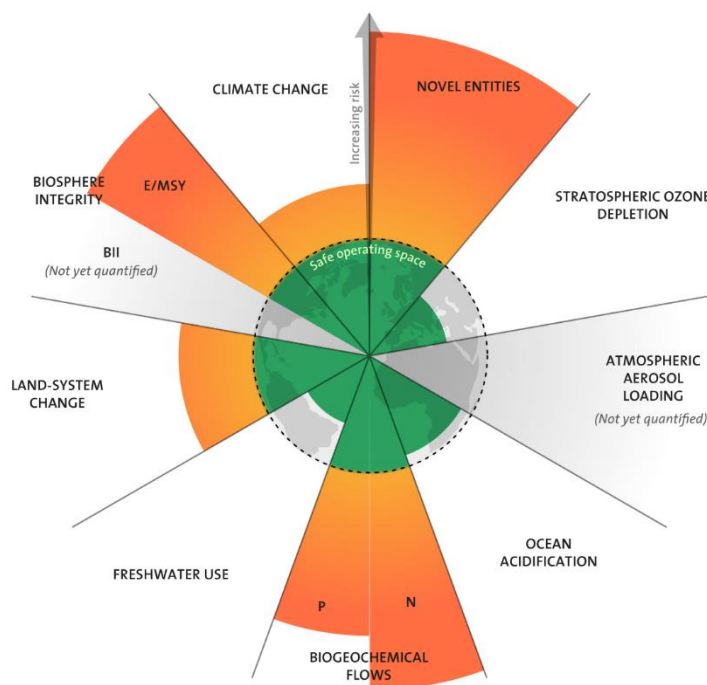
Llenar esas lagunas requerirá grandes avances en la ciencia y resiliencia del sistema de la Tierra. La resiliencia puede definirse como la capacidad de un sistema y sus componentes para anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos de un shock o estrés de manera oportuna y eficiente. El concepto propuesto de límites planetarios sienta las bases para cambiar el actual enfoque de la gobernanza y la gestión, desde los análisis esencialmente sectoriales de límites de crecimiento destinado a minimizar las externalidades negativas, hacia la estimación precisa del espacio seguro para el desarrollo humano. Los límites planetarios definen, por así

decirlo, los límites del "campo de juego planetario" para la humanidad, si queremos estar seguros de evitar grandes cambios ambientales inducidos por el hombre en una escala global, al tiempo que se asegure un tránsito viable y seguro hacia la sostenibilidad.

Y más recientemente, Persson, Carney-Almroth, Collins, *et al.* (2022), proponen que se considere un quinto límite planetario transgredido, el de las nuevas entidades que incluyen los *contaminantes químicos y productos plásticos*, cuyos grandes volúmenes y efectos son ampliamente reconocidos en la literatura internacional sobre el tema (Figura 2).

Figura 2.

Limites planetarios actualizados, incluyendo el cambio de uso de la tierra y las nuevas entidades (contaminantes químicos y residuos plásticos)



Fuente: Persson, Carney Almroth, Collins, *et al.* (2022)

Rockström, Sachs, Öhman y Schmidt-traub (2013) enfatizan que el concepto de límites planetarios se ha desarrollado para delinear un espacio operativo seguro para la humanidad que lleva una baja probabilidad de dañar los sistemas de soporte de vida en la Tierra, hasta el punto de que ya no son capaces de apoyar el crecimiento económico y el desarrollo humano. Por primera vez se evidencian los cambios producidos por humanos en el funcionamiento del sistema

terrestre, desde el derretimiento acelerado de las capas de hielo hasta los cambios en los patrones de lluvias, el fraccionamiento de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad.

Estos cambios ambientales globales pueden socavar las oportunidades de desarrollo a largo plazo y desencadenar cambios abruptos para las sociedades humanas (por ejemplo, olas de calor mortales, sequías e inundaciones, aumento rápido del nivel del mar, amenaza de los ecosistemas clave como los arrecifes de coral y los manglares, pandemias y colapso del ecosistema). De allí que se requiere de una visión estratégica que considere y concilie un conjunto de aspectos determinantes (Steffen *et al.*, 2015):

- Los efectos del cambio climático,
- La tasa de pérdida de la biodiversidad,
- La creciente contaminación de la atmósfera, los recursos hídricos y la superficie terrestre.
- El diseño y puesta en práctica de innovaciones sustentables que permitan el aprovechamiento y la explotación de los recursos a una tasa que no exceda su capacidad y asegure su preservación.
- Las innovaciones institucionales y políticas a través de las cuales sea posible inducir e implementar políticas alimentarias y de protección del ambiente, ambas eficientes y equitativas, para todos los países y regiones por igual.

Tanto Rockström *et al.* (2009) como Rockström y Sachs (2013), Steffen *et al.* (2015), Persson (2022) y Rammelt, Gupta, Liverman, *et al.* (2023) consideran que la trayectoria del Desarrollo Sostenible debe abordar los límites planetarios en una nueva forma: no por una lucha abierta por los recursos, ni por la contracción de los niveles de ingresos altos, ni por las restricciones en el crecimiento de los países de ingreso medio o bajo. Más bien, el mundo debe vivir dentro de los límites del planeta a través de la implementación de nuevas tecnologías sostenibles y *nuevas reglas de juego globales*. La visión deseable es que un proceso ordenado y cooperativo permite mejorar dramáticamente los resultados para todas las partes del mundo.

La propuesta de Rockström y sus colaboradores en todos estos artículos citados antes, es el fruto de un esfuerzo inter y transdisciplinario, sistémico y complejo, que ha contribuido a cimentar las visiones de las todavía emergentes *ciencias de la sostenibilidad*, cuya difusión y popularización constituyen el propósito esencial de este trabajo.

La relevancia de lo anteriormente expuesto puede entenderse mejor, si se revisan los acontecimientos y avances durante los últimos 50 años en el marco multilateral para enfrentar el creciente deterioro del medio ambiente por efecto de la contaminación de la atmósfera, los suelos y las aguas, con el fin de propiciar la sostenibilidad del planeta². Luego, con la difusión del informe *Nuestro Futuro Común* en 1987, se reconoció explícitamente el problema ambiental y se iniciaron las crecientes manifestaciones acerca de la tensión entre el balance de las necesidades de las generaciones presentes y las de las generaciones futuras en relación con los sistemas de soporte de la vida del planeta. Esta visión o enfoque fue ratificado pocos años más tarde en la primera reunión cumbre de Río en 1992, al señalarse en su principio 1, el desarrollo sostenible: “*Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.*”³

La Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable (Río + 20), en junio de 2002, ratifica 20 años después la propuesta de 1992, con el debate sobre el Desarrollo Sostenible como tema central, pero sus resultados fueron considerados –por la mayoría de la comunidad interesada en el asunto como una reiteración de compromisos a futuro y sin propuestas ni acuerdos concretos inmediatos. La decisión de la ONU, en septiembre de 2001, que establece las *Metas del Desarrollo Sostenible para el año 2030*, en sustitución de las Metas de Desarrollo del Milenio, y el énfasis puesto en conceptos como los límites planetarios y la visión socio-ecológica, así como en la urgente necesidad de promover y establecer cambios transformacionales generalizados, ha creado un marco de acción propicio y un clima de optimismo y esperanza para muchos países que sufren las consecuencias del desarrollo desigual, característico del planeta en los últimos siglos. Bajo estos antecedentes, debe reconocerse que se ha creado un clima de transición hacia la sostenibilidad que, sin embargo, necesita ser reforzado y orientado en función de las metas a largo plazo que implica el desarrollo sostenible.

Algunas transiciones relevantes para las perspectivas de sostenibilidad ya están ocurriendo en diversos grados en lugares y regiones específicos de todo el mundo desde los años 80-90 (NCR, 1999):

- La transición demográfica, de tasas de natalidad y mortalidad altas a bajas;

² Debe recordarse que fue hace un poco más de 50 años que se trató por vez primera el problema ambiental, en la conferencia celebrada en Estocolmo, Suecia, en 1972, en hacer del medio ambiente un tema relevante. Los participantes adoptaron una serie de principios para la gestión racional del medio ambiente, incluida la Declaración y el Plan de acción de Estocolmo para el medio humano. Ver:

<https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>

³ Ver: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>

- La transición sanitaria de la muerte temprana por enfermedades infecciosas a la muerte tardía por cáncer, cardiopatías y accidentes cerebrovasculares;
- La transición económica del control estatal al de mercado;
- La transición de la sociedad civil de instituciones unipartidistas, militares o estatales a políticas multipartidistas, y
- Una rica combinación de instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

Ambientalmente, se han producido algunas transiciones positivas significativas en regiones específicas. Estos incluyen cambios de tasas de emisiones crecientes a decrecientes para contaminantes específicos, de deforestación a reforestación, de la mejora en la eficiencia energética y de rangos de reducción a expansión para ciertas especies en peligro de extinción. Los cambios de tendencia individuales y locales como estos no son suficientes para una transición hacia la sostenibilidad. Pero sí muestran que los esfuerzos para catalizar o acelerar cambios relevantes pueden tener implicaciones significativas para satisfacer las necesidades humanas de manera que sustenten los sistemas de soporte vital del planeta (NCR, 1999).

1.3 Los sistemas socio-ecológicos

Para comprender y enfrentar el desafío de una transición hacia la sostenibilidad, es necesario el análisis del régimen socio-ecológico actual de manera integral, bajo una concepción distinta a la actual, caracterizada por el crecimiento ilimitado de la producción y el consumo material como indicador de la calidad de vida y el bienestar deseables. La ciencia ha demostrado fehacientemente que existe un umbral más allá del cual, el crecimiento continuo ya no contribuye con el mejoramiento la calidad de vida y, al contrario, la deteriora, constituyéndose más bien en un obstáculo, al generar la escasez y destrucción, tanto de los limitados y finitos recursos naturales (suelos, aguas y atmósfera) y energéticos, como del espacio y los paisajes ocupados (cambio climático, pérdida de biodiversidad), como bien lo afirma Rockström *et al.* (2009).

Un sistema socio-ecológico se refiere a una unidad bio-geo-física y sus actores sociales e instituciones asociadas. Se puede definir como aquel sistema que cohesiona los factores biofísicos naturales y sociales que interactúan regularmente de una manera continua, enmarcado en contextos y escalas espacio-temporales y organizativas, por lo general vinculados jerárquicamente y permanentemente dinámicos, complejos y resilientes (Folke, 2006). En términos de recursos, engloba aquellos que son críticos (naturales, socioeconómicos y culturales), cuyo flujo y uso está regulado por una combinación de ambos sistemas ecológico y social. Anteriormente, la cultura prevaleciente desde los inicios de la revolución

industrial condujo a visiones de un mundo con recursos infinitos e inagotables, mientras que los arreglos institucionales se diseñaron para la extracción máxima de recursos y la producción y mercadeo de bienes y servicios, no sólo superfluos sino también muchas veces por encima de las capacidades reales que los ecosistemas pueden proveer (Beddoe *et al.*, 2009). El actual régimen socio-ecológico, por tanto, debe enfocarse en analizar, reflexionar, aprender de las experiencias y rediseñar los patrones de calidad de vida para que se adapten a la realidad del entorno físico-biológico.

Los sistemas socio-ecológicos se comportan como *sistemas complejos* (numerosos subsistemas interactuando entre sí), y funcionan bajo atributos o características singulares: *no linealidad*, *recursividad*, *homeóstasis*, *incertidumbre*, *procesos emergentes* (o comportamientos nuevos no anticipados), y *autoorganización* a través de mecanismos de retroalimentación positivos y/o negativos.

Los investigadores han utilizado el concepto de los sistemas socio-ecológicos para enfatizar la integralidad del ser humano con la naturaleza y hacer hincapié en que la delimitación entre los sistemas sociales y los sistemas ecológicos es artificial y arbitraria. El enfoque del sistema socio-ecológico sostiene que los sistemas sociales y ecológicos están vinculados mediante mecanismos de retroinformación (positiva y/o negativa), y que ambos son complejos adaptativos y resilientes (Walker *et al.*, 2004; Alessa *et al.*, 2009).

En los sistemas socio-ecológicos, las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos se dan por doble vía. Por un lado, las intervenciones y actividades de carácter cultural, político y socioeconómico producen cambios y transformaciones en el ambiente y la naturaleza (p.ej., la minería, la extracción de energía fósil, la pesca y las actividades agrícolas). Por otro lado, las dinámicas de los ecosistemas influyen la cultura, las relaciones de poder y las actividades económicas de los seres humanos, como es el caso de los fenómenos naturales (sequías, inundaciones, huracanes) y el cambio climático (Salas-Zapata *et al.*, 2012).

La capacidad adaptativa en un sistema socio-ecológico significa que las actividades humanas deben ajustarse a las características y dinámicas de los ecosistemas con los que se relacionan, de manera que éstos no produzcan transformaciones que lleven a estados prolongados de sufrimiento humano. Por esa razón, es más preciso entender la sostenibilidad de un sistema como la resiliencia socio-ecológica del mismo.

En este contexto, la resiliencia se refiere a la capacidad de los sistemas socio-ecológicos para absorber perturbaciones recurrentes, de manera de mantener procesos, estructuras y retroinformaciones (*feedback*) esenciales, a través de la transformación de su capacidad adaptativa, del aprendizaje y la innovación (Folke, 2006). Así, una alta resiliencia socio-ecológica es sinónimo de sostenibilidad, a la vez que una escasa supone una limitada autopreservación para el sistema (Salas-Zapata, 2012). La resiliencia socio-ecológica reconoce el carácter anidado (uno dentro del otro) de los sistemas socio-ecológicos y el desafío de la conectividad entre los distintos niveles, surgiendo así la noción de *panarquía*, en lugar de *jerarquía*, término éste cargado en su significado común de las rígidas implicaciones del *abajo-arriba*. La importancia del concepto de panarquía es que permite la posibilidad de interacciones entre niveles y umbrales a través de retroalimentaciones del sistema (Berkes, & Ross, 2016).

1.4 La sostenibilidad como necesidad y como desafío

En Noviembre de 2022, la población mundial alcanzó los 8.000 millones, desde los 2.500 millones de personas estimadas en 1950, añadiendo 1.000 millones de personas desde 2010 y 2.000 millones desde 1998, y alcanzando casi 8.100 millones de individuos en la actualidad (Julio de 2023)⁴ y con la perspectiva cierta de un crecimiento estabilizado pero inevitable. La especie humana ha reconfigurado el ecosistema y en muchos casos continúa haciéndolo, bajo la visión egoísta de **especie dominante**, capaz de intervenir a voluntad su entorno, como si nos perteneciera exclusivamente a nosotros independientemente del entramado natural que ha regido la evolución de la vida desde hace más de 3 mil millones de años (Lovelock, 2007).

Ello ha tenido, y continúa teniendo, cuantiosas y graves consecuencias en el funcionamiento y procesos globales de los diversos ecosistemas, de los cuales el hombre forma parte. A pesar de la propiedad particular de manejo del conocimiento abstracto que posee –diferente al conocimiento evolucionario, implícito en el resto de las especies (Popper, 1992), el hombre moderno apenas comienza a caer en cuenta de las posibilidades finitas y limitadas de éxito de tal empresa de control y transformación de su entorno.

⁴ <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=La%20poblaci%C3%B3n%20mundial%20alcanz%C3%B3%20los,y%202000%20millones%20desde%201998.>

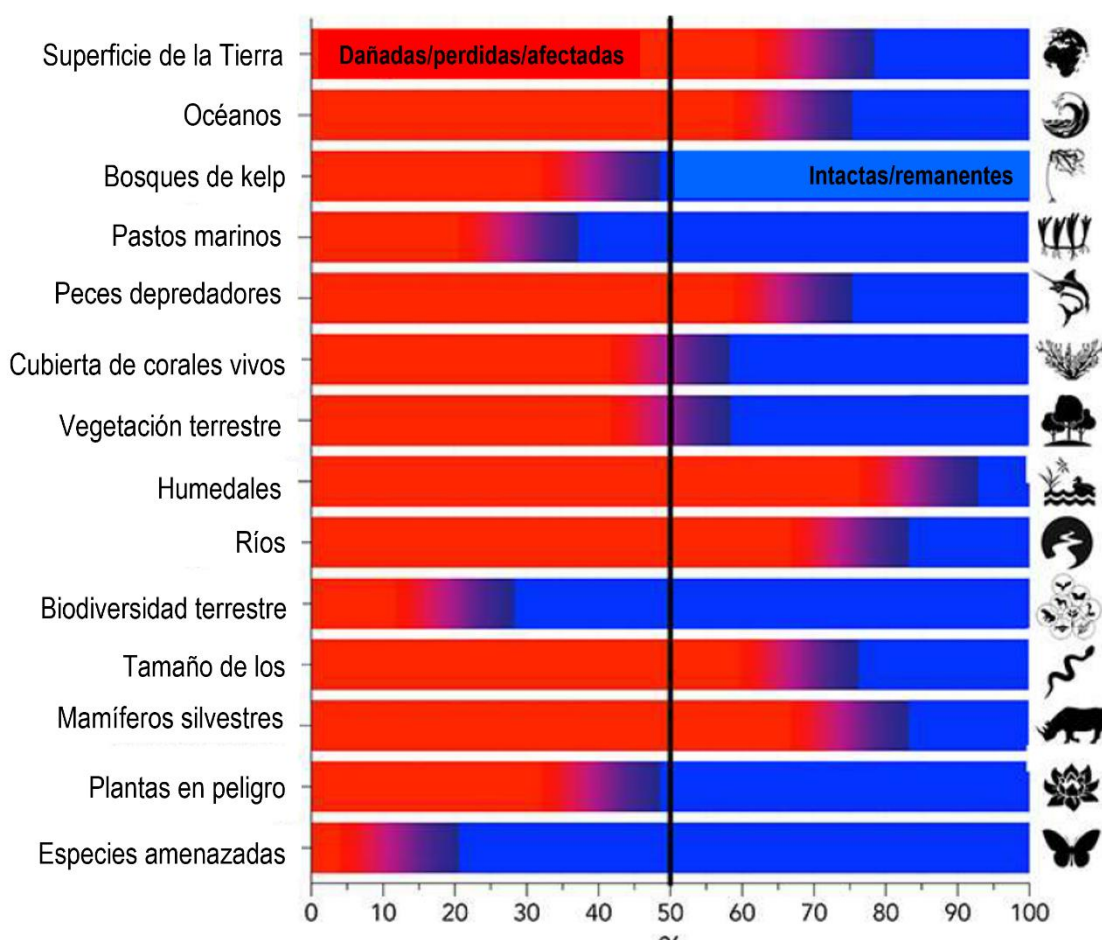
Ante este inexorable dilema, la sociedad humana se percata de la necesidad apremiante de inventar y arbitrar soluciones que impidan desembocar en el resultado de inestabilidad y degradación que ya se ha hecho parcialmente evidente a lo largo de las diversas escalas de funcionamiento y de los procesos ecosistémicos, como se ha demostrado con el análisis de los límites planetarios expuesto al principio del capítulo.

Bradshaw, Ehrlich, Beattie, Ceballos, *et al.* (2021) exponen que la situación actual, en relación con la pérdida acelerada de biodiversidad, la sexta extinción masiva que ya se ha iniciado y la crisis climática disruptiva, debe llamar a reflexión en relación con la capacidad económica o política que existe para enfrentar tal desafío y que la comunidad científica y a los científicos expertos en el área deben hablar claro y directo sobre las amenazas que representan la erosión acelerada de los servicios ecosistémicos, inducidos por la intervención humana en la transformación y el consumo de los recursos naturales finitos.

Por ejemplo, Bradshaw *et al.* (2021) señalan que desde el inicio de la agricultura hace aproximadamente 10-11.000 años, la cobertura vegetal del planeta se ha reducido en 20%, las pérdidas de biodiversidad en los últimos 500 años incluyen más de 700 vertebrados y cerca de 600 especies de plantas (documentado por la UICN). En la Figura 3 se muestra el cambio ocurrido en 14 categorías ambientales, que reflejan el grave impacto que tiene el comportamiento humano en los ecosistemas y su funcionamiento. A pesar del reconocimiento de tal situación, los planes y metas propuestos por organismos supranacionales para evitarlo han fracasado. El consumo excesivo de combustibles fósiles, que ha generado la alteración del ciclo del carbono en la atmósfera, ha provocado el incremento de la temperatura promedio global en 1,2°C por encima de los niveles preindustriales, mientras que las metas del acuerdo de París de 2015, ante la inacción y el retraso de decisiones, tampoco se han alcanzado. Paralelamente ha ocurrido un incremento de la población, sobre todo en los países de bajos ingresos, al mismo tiempo que se ha disparado la producción y el consumo exacerbado de las clases medias en todos los países, lo que ha determinado que se supere la capacidad de carga del planeta, en casi 170% en 2016.

Figura 3.

Resumen de las principales categorías de cambio ambiental expresadas como un cambio porcentual en relación con la línea de base proporcionada en el texto. El rojo indica el porcentaje de la categoría que está dañada, perdida o afectada de otra manera, mientras que el azul indica el porcentaje que está intacto, restante o no afectado de otra manera.



Fuente: Adaptado de Bradshaw *et al.* (2021)

1.5 La seguridad alimentaria en peligro

Uno de los retos a enfrentar por las ciencias y la praxis de la sostenibilidad es la capacidad de producir suficientes alimentos para la creciente población. De acuerdo con la FAO *et al.* (2022), cuando quedan ocho años para acabar con el hambre, la inseguridad alimentaria y todas las formas de malnutrición, de acuerdo con las metas 2.1 y 2.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), cerca de 670 millones seguirán estando subalimentadas en 2030, es decir, 78 millones más que si la pandemia no hubiera tenido lugar. Actualmente, se cierne sobre el mundo

otra crisis, la guerra en Ucrania, la cual tendrá múltiples implicaciones para los mercados agrícolas mundiales a través de los canales del comercio, la producción y los precios, lo que proyecta una sombra sobre el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en numerosos países, en un futuro cercano.

Las últimas estimaciones indican que la demanda de alimentos se incrementará de 35% a 56% entre 2010 y 2050 (van Dijk, Morley, Rau, *et al.*, 2021). Ello implica que la misma solo podrá ser cubierta mediante la promoción de sistemas de producción más eficientes, que sean ecológicamente racionales y sostenibles, respetando las sinergias y vínculos entre la biodiversidad agrícola y la seguridad alimentaria. A pesar de que los avances tecnológicos en el uso de insumos y variedades de alto rendimiento han contribuido a mejorar la producción agrícola en los últimos 60 años, el aumento progresivo del número de personas desnutridas en el mundo muestra que aún queda mucho por hacer, especialmente en el ámbito de las relaciones sociales y políticas de las naciones (equidad y transparencia).

El reto futuro de alimentar una población cercana a las 9 mil millones de personas en el 2050, como lo plantean Mosnier, Schmidt-Traub, Obersteiner, *et al.* (2023), se requiere de la reconfiguración del sistema alimentario global y no solamente de los agroecosistemas, sino mediante una visión integradora de la producción de alimentos, los sistemas agrícolas en general, la biodiversidad, el uso de la tierra y la energía, lo que implica cambios significativos en las formas en que se producen, almacenan, procesan, distribuyen y se accede a los alimentos. Es necesaria una visión estratégica que tome en cuenta y concilie un conjunto de aspectos determinantes:

- La finitud de los recursos globales disponibles, incluyendo la biodiversidad,
- El incremento en el costo de los alimentos,
- La competencia por tierras, agua y energía entre los productores,
- Los efectos del cambio climático,
- La necesidad de mejorar los rendimientos –especialmente en los países pobres– incluyendo las posibilidades que ofrece la biotecnología,
- El diseño y puesta en práctica de innovaciones sustentables, esto es, que permitan el aprovechamiento y la explotación de los recursos a una tasa que no exceda su capacidad y asegure su preservación.

- Las innovaciones institucionales y políticas a través de las cuales sea posible inducir e implementar políticas alimentarias eficientes y equitativas para todos los países y regiones por igual.

1.6 La urgencia del desarrollo sostenible

Bajo este panorama surge la idea de la **sostenibilidad**, más allá de los paradigmas económicos y políticos vigentes, como única opción capaz de asegurar la supervivencia y estabilidad en el presente y, sobre todo, en el futuro previsible. Se deriva así el concepto de **Desarrollo Sostenible**, en contraposición con el tratinado concepto del desarrollo (a secas)–, el cual ha evolucionado desde sus elaboraciones sencillas, aun cuando difusas, de hace casi 40 años, a partir de los postulados del informe Bruntland, publicado en 1984, acerca de la indivisibilidad entre las actividades, ambiciones y necesidades humanas y el medio ambiente, hasta los principios integradores y explícitos que hoy día manejan (algunos de) los entornos socio-políticos y económicos, tanto nacionales como internacionales.

La literatura sobre desarrollo sostenible (DS) ha crecido significativamente durante los últimos 40 años, destacando las posiciones más diversas, y a veces encontradas, en torno a la concepción, premisas, enfoques, planes y acciones relacionadas con la aplicación y utilidad del concepto de DS inicialmente propuesto. Como bien lo señala Gudynas (2011), muchos de estos documentos citan de manera parcial los elementos de la definición anterior. Muchas veces se define a la sostenibilidad solamente como un asunto de responsabilidades con las generaciones futuras, mientras que en el mundo empresarial se prefiere recordar básicamente la necesidad de una nueva era de crecimiento económico.

Para los ambientalistas, el asunto radica en “cuidar la Tierra”. El éxito del concepto y su constante invocación se deben a su polisemia, que permite un uso muy variado; los defensores de las definiciones parciales se sienten cómodos con ella, en tanto tiene un contenido positivo y proactivo. Ello ha conducido a que el DS se haya convertido en una etiqueta bajo la cual hay conceptualizaciones muy distintas que atienden muy distintas dimensiones, cada una por su lado y pretendiendo ser la mejor (Gudynas, 2011).

En los últimos años, algunos de los asuntos discutidos y analizados incluyen, entre otros:

- La paradoja entre el bienestar humano y los servicios ecosistémicos,
- La ausencia del factor “recursos naturales” en la macroeconomía y la ignorancia del “capital natural”,

- La falta de atención y de percepción de la naturaleza compleja adaptativa del proceso,
- La poca atención a los valores y las tendencias pasadas y recientes del desarrollo *vis a vis* la perspectiva ambiental.

Sin embargo, en todos los casos, no se ha ido más allá de la discusión y el debate, especialmente en el seno de los organismos multilaterales que deben liderar y orientar las políticas y acciones a emprender. Lo que indudablemente sí es cierto, es que el desafío de la producción alimentaria a futuro, junto con las tres crisis planetarias del momento: el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y la contaminación de los suelos, atmósfera y aguas, requerirán de una nueva visión transformadora para el diseño de las políticas, programas y proyectos en todas las escalas (local, nacional e internacional) orientadas a conservar los limitados recursos naturales bajo nuevos criterios y normas de sostenibilidad no vistos hasta el día de hoy. Falta ver que se logrará en los próximos siete años, con la implantación progresiva de las Metas de Desarrollo Sostenibles promulgadas en 2015.

1.7 La complejidad del concepto de Desarrollo Sostenible

El análisis conceptual-filosófico realizado por Jabareen (2008; 2009), citado ampliamente por la comunidad científica interesada en el tema, con base en una revisión sobre las distintas interpretaciones y discursos acerca del DS, puede ser esclarecedor de la complejidad interpretativa que el DS encierra, la cual concluye identificando siete conceptos que en conjunto sintetizan y ensamblan su propuesta del marco teórico del DS:

- Paradoja ética;
- La reserva o acervo de capital natural;
- Equidad;
- Eco-forma;
- Administración integrada;
- Agenda política global, y
- Utopía.

Cada concepto representa significados distintivos y aspectos de los fundamentos teóricos del DS:

- 1) La **paradoja ética** descansa en el corazón de este marco. La paradoja entre la "sostenibilidad" y el "desarrollo" se articula en términos de ética. En otras palabras, la fundamentación ontológica del marco teórico del desarrollo sostenible se basa en la paradoja no resuelta de la sostenibilidad que, como tal, puede simultáneamente referirse a ideologías y prácticas ambientales disímiles y contradictorias. En consecuencia, el DS tolera diversas interpretaciones y prácticas que varían entre la "ecología suave", que permite intervenciones intensivas (antropocentrismo), y "ecología profunda", que sólo acepta intervenciones menores en la naturaleza (ecocentrismo).
- 2) El **capital natural**⁵ representa el aspecto material del mundo teórico (epistemológico) de la sostenibilidad: el medio ambiente natural y los activos de recursos de desarrollo y conservación. El marco teórico de sostenibilidad aboga por mantener constante el capital natural en beneficio de las futuras generaciones (sostenibilidad fuerte).
- 3) El concepto de **equidad** representa los aspectos sociales (epistemológicos) de la sostenibilidad débil. Abarca diferentes conceptos como la justicia ambiental, social y económica, la equidad social, calidad de vida, la libertad, la democracia, la participación y el empoderamiento. En términos generales, la sostenibilidad es vista como una cuestión de equidad distributiva, al compartir la capacidad del bienestar de las generaciones actuales y futuras de las personas.
- 4) La **eco-forma** representa la forma ecológicamente deseable de los espacios urbanos y las comunidades. Este concepto representa la forma espacial deseada de los hábitats humanos: ciudades, pueblos y barrios. El diseño "sostenible" tiene como objetivo crear eco-formas, que no son más que flujos de energías eficientes y diseñadas para una larga vida. Sus principios comunes podrían ser explicados por el concepto de "compresión tiempo-espacio-energía", que requiere la reducción del tiempo y el espacio con el fin de reducir el uso de energía.
- 5) El concepto de **gestión integrada** representa la visión integradora y holística de los aspectos del desarrollo social, el crecimiento económico y protección del medio ambiente. De acuerdo con el mundo teórico de la sostenibilidad, la integración de preocupaciones ambientales, sociales y económicos en la planificación y gestión de

⁵ En el próximo capítulo se trata con mayor profundidad el concepto de capital natural

SD es esencial. Se cree que, con el fin de lograr la integridad ecológica, es decir, para preservar el capital natural, necesitamos planteamientos integradores y holísticos para la gestión medioambiental.

- 6) La **agenda política global** representa un nuevo discurso político mundial sobre el ambiente, reconstituido en torno a las ideas de sostenibilidad. Desde la Cumbre de Río-1992, este discurso se ha extendido más allá de los conceptos puramente ecológicos para incluir diversas cuestiones internacionales, como la seguridad, la paz, el comercio, el patrimonio, el hambre, la vivienda, y otros servicios básicos. Sin embargo, el concepto refleja las profundas disputas políticas entre los países del Norte y del Sur, donde el Norte demanda que "no hay desarrollo sin sostenibilidad", mientras que para el Sur "no hay sostenibilidad sin desarrollo". (En la actualidad, las Metas del Desarrollo Sustentable promulgadas por la Naciones Unidas en 2015 constituyen el foco central de la agenda política mundial)⁶.
- 7) El concepto de **utopía** representa las visiones de los hábitats humanos basadas en el SD. Generalmente, tales utopías imaginan una sociedad perfecta en la que prevalezca la justicia, las personas son perfectamente felices, viven y prosperan en armonía con la naturaleza, y la vida avanza sin problemas, sin abusos o escasez. Esta utopía trasciende las preocupaciones ecológicas primordiales de la sostenibilidad para incorporar conceptos políticos y sociales como la solidaridad, la espiritualidad y la asignación equitativa de los recursos.

⁶ Añadido nuestro.