

La Sostenibilidad como Paradigma Socio-Ecológico: Complejidad, Transdisciplinariedad y Desarrollo Sostenible



Autores: Iris Pérez Almeida, Ph.D.
y Alfredo Romero Santos, Mgtr.



**LA SOSTENIBILIDAD COMO
PARADIGMA
SOCIO-ECOLÓGICO:
COMPLEJIDAD,
TRANSDISCIPLINARIEDAD
Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

AUTORES

**Iris Pérez Almeida, Ph.D.
Alfredo Romero Santos, Mgtr.**

2023

TÍTULO

La Sostenibilidad como Paradigma Socio-ecológico: Complejidad, Transdisciplinariedad y Desarrollo Sostenible

AUTORES:

Iris Pérez Almeida, Ph.D.

Alfredo Romero Santos, Mgtr.

AÑO

2023

EDICIÓN

Lcda. Alejandra González Andrade. -Departamento de Publicaciones Universidad ECOTEC

ISBN

978-9942-960- 89-4

No. PÁGINAS

116

LUGAR DE EDICIÓN

Samborondón –Ecuador

DISEÑO DE CARÁTULA

¹Departamento de Relaciones Públicas y Marketing. Universidad ECOTEC

NOTA EDITORIAL:

Los capítulos del presente libro son resultado de investigaciones realizadas por parte de los autores en busca de contribuir con el desarrollo académico de los estudiantes de grado y posgrado, tributando a la Línea de Investigación de "*Medio Ambiente y Sociedad*", de la Universidad ECOTEC. Los autores del libro tuvieron la responsabilidad de seleccionar dichas investigaciones científicas, tomando en consideración el impacto y relevancia de la información, en virtud de la difusión del conocimiento.

¹ Portada sujeta a cambios

CONTENIDO

DATOS DE LOS AUTORES	7
PRESENTACIÓN	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO 1: CONTEXTO INTRODUCTORIO	11
1.1 Antropoceno: nueva época o evento geológico	11
1.2 Los límites planetarios.....	13
1.3 Los sistemas socio-ecológicos	19
1.4 La sostenibilidad como necesidad y como desafío	21
1.5 La seguridad alimentaria en peligro.....	23
1.6 La urgencia del desarrollo sostenible	25
1.7 La complejidad del concepto de Desarrollo Sostenible.....	26
CAPÍTULO 2: VISIONES DE LA SOSTENIBILIDAD	29
2.1 Información creciente sobre del vocablo <i>Sostenibilidad</i>	29
2.2 El capital natural y la sostenibilidad.....	31
2.3 El enfoque ecosistémico: base de las iniciativas de desarrollo sustentable	35
2.4 Las distintas visiones en torno a la sustentabilidad	38
CAPÍTULO 3: LAS METAS DEL DESARROLLO SUSTENTABLE (MDS)	44
3.1 Breve historia de las MDS	44
3.2 Las Metas de Desarrollo Sostenible	47
3.3 Algunas Críticas a las MDS.....	54
CAPÍTULO 4: LOS INDICADORES DE LA SOSTENIBILIDAD	56
4.1 Las dificultades en la medición y la evaluación de las MDS	57
4.2 La Huella Ecológica.....	59
CAPÍTULO 5: PERSPECTIVAS SOSTENIBLES DE LA BIODIVERSIDAD, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AGRICULTURA	68
5.1 La biodiversidad y la sostenibilidad	68
5.2 Impacto del cambio climático en la Sostenibilidad	72
5.3 La sostenibilidad en el sector alimentario	76
5.4 El estudio del desperdicio y las pérdidas de los alimentos	77
5.5 Persiste la Inseguridad Alimentaria	81
5.6 Una agricultura más limpia y eficiente	82
5.7 La intensificación de los sistemas agrícolas de los pequeños y medianos productores...84	
5.8 La Economía verde: una visión somera del concepto.....	87

CAPÍTULO 6: HACIA EL CONSUMO Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLES	93
6.1 Consumo versus consumismo	93
6.2 Producción y consumo sustentable	94
6.3 Objetivos y herramientas para la PML.....	98
6.4 El manejo de los residuos: Reusar, Reciclar, Recuperar	101
6.5 La ecoeficiencia energética	102
6.6 El consumo sustentable	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metas de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas con sus objetivos (targets) y el número de indicadores.....	50
Tabla 2. Indicadores seleccionados para el estudio de Shaker (2018)	58
Tabla 3. Clases de superficies consideradas en el cálculo de la huella ecológica	61
Tabla 4. Tipología de actividades vinculadas a la huella ecológica.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Límites planetarios: el espacio operativo seguro para la humanidad.....	15
Figura 2. Límites planetarios actualizados, incluyendo el cambio de uso de la tierra y las nuevas entidades (contaminantes químicos y residuos plásticos)	16
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	23
Figura 4. Búsquedas del término Sustainability* y Sostenibilidad* en Google, realizadas a principios de julio de 2023.....	29
Figura 5. Relaciones entre el capital natural y bienestar humano. Las funciones de los ecosistemas permiten generar todo un flujo de beneficios y productos que inciden en todos los componentes básicos del bienestar humano	32
Figura 6. Modelo fundamental del desarrollo sustentable.....	41
Figura 7. Distribución de la literatura científica por año, generada entre 1990 y 2020, sobre las Metas del Desarrollo Sustentable.....	48
Figura 8. Tendencias de la huella ecológica entre 1961 y 2018, de acuerdo con los componentes de los ecosistemas en el ámbito global.....	64
Figura 9. Huella ecológica de la humanidad por uso del suelo y por actividad. En 2020, la huella ecológica media mundial ascendía a 2,5 hectáreas globales por persona, frente a una biocapacidad de 1,6 hectáreas globales por persona. La huella ecológica se puede desglosar por categorías de uso del suelo (círculo exterior) o por actividades humanas (círculo interior), si usamos las Evaluaciones Multirregionales de Insumos y Productos.	65
Figura 10. El Índice Planeta Vivo global (1970 a 2018). La abundancia relativa media de 31.821 poblaciones de 5.230 especies monitoreadas en todo el planeta ha disminuido un 69%.	66
Figura 11. Contribución de los diferentes rubros agrícolas a la huella de carbono y a la pérdida/desperdicio de alimentos.....	79

DATOS DE LOS AUTORES

Iris Betzaida Pérez Almeida

Ingeniera Agrónoma y Magister Scientiarum en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Doctora en Filosofía (Ph.D.) en el Departamento de Botánica y Fitopatología de la Universidad Purdue, campus principal en West Lafayette, Indiana (EE. UU.).

Actualmente, docente-investigadora en el Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible en la Universidad ECOTEC, Samborondón (Ecuador), imparte materias profesionales en la Facultad de Ingenierías. También ha sido docente de la Maestría en Agropecuaria, mención Agronegocios, de la Universidad de Guayaquil, y de la Maestría en Agronomía, mención Agricultura Agrosostenible de la Universidad Técnica de Manabí. Ha sido asesora del Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (República Dominicana). Desde 2019, es profesora visitante de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (Perú).

Es autora o coautora de numerosos artículos científicos indexados, artículos divulgativos especializados, varios libros o capítulos de libros, y forma parte del Consejo de Revisores de prestigiosas revistas científicas en el área de biología molecular. También ha asesorado tesis doctorales, tesis de maestría en ciencias y de pregrado, así como recibido y capacitado numerosos pasantes en el laboratorio.

Ha sido directora de varios proyectos de investigación I+D dedicados a la investigación agrícola; ha participado en numerosos proyectos de investigación nacionales e internacionales, tres financiados por el BID, y dos de ellos como Investigadora Prometeo, financiados por la SENESCYT (Ecuador).

En las obras publicadas y proyectos de investigación, sus líneas de estudio se han centrado en el uso de marcadores moleculares para la selección asistida en el mejoramiento de plantas para la resistencia a estreses bióticos y abióticos, y el incremento de la eficiencia de la metodología de trabajo con el ADN.

Alfredo Romero Santos

Ingeniero Agrónomo graduado en la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Magister Scientiarum en Comunicación y Transferencia de Tecnología de la Universidad de Wisconsin (EE. UU.). Editor jefe del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias-FONAIAP (hoy Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-INIA). Ha compilado y editado numerosas publicaciones monográficas, informes anuales institucionales y publicaciones corporativas. Fue el coordinador de la Comisión Nacional de Publicaciones del FONAIAP hasta el año 2001 y es autor o coautor de numerosos artículos y publicaciones técnico-divulgativas.

Ha sido Editor de la Revista FONAIAP DIVULGA y fundador de la primera Revista digital del INIA (CENIAP HOY). Compilador y editor de la Serie Paquetes Tecnológicos para la producción, que incluye los paquetes para Naranja, Sorgo, Café, Cebolla, Hortalizas, Cachama y Palma Aceitera, así como de la serie Manuales de Cultivo del INIA, compilando y editando los manuales de Arroz, Hortalizas, Leguminosas de grano, Merrey y Papa.

Ha ejercido como coordinador del Proyecto Nacional de Capacitación del INIA, coordinador de subproyectos de Transferencia de Tecnología y Redes en Arroz, Leguminosas de grano, Sanidad Animal y Nutrición de Rumiantes del proyecto Nacional BID/FONACIT II de Fortalecimiento de la Biotecnología Agrícola de Venezuela.

Adicionalmente, ha sido Profesor Agregado de las cátedras de 'Metodología de Investigación Científica y Documental' y de 'Comunicación Científica y Redacción Técnica' en los Posgrados de las facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela y de la Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos, y Profesor invitado de la Escuela Superior de Agricultura Tropical del INIA, en la cátedra de Comunicación Oral y Escrita de los doctorados de Biotecnología Vegetal.

PRESENTACIÓN

La sostenibilidad es el tema de moda, no solo en los círculos científicos, sino también entre profesionales de distintas ramas y especialidades. Poco a poco, a lo largo de cuarenta años, se ha ido creando, paso a paso, una conciencia cada vez más relevante sobre el proceso, la meta y la necesidad impostergable de reconocer que la humanidad está viviendo de la manera más insostenible posible.

Ensimismados como estamos con los celulares y las necesidades ficticias de comunicación, consumiendo más por imitación y narcisismo que por necesidad real, ha comenzado a preocuparnos el malestar de la civilización globalista egocéntrica. Ya somos muchos los que estamos sintiendo el soterrado grito de la naturaleza, pidiendo respeto y consideración por todo lo que nos ha dado y el desdén e ignorancia con la cual la hemos mirado durante tanto tiempo.

Con este breve texto, no se pretende resolver la compleja situación que enfrenta la biosfera, pues sufre del deterioro progresivo de los recursos y servicios que nos ha brindado milenariamente. Esto es una obligación colectiva, donde todos tenemos, o tendremos en algún momento, que asumir nuestra responsabilidad y emprender las tareas y deberes que nos exige el deseo de sobrevivir en el entorno amenazante de los ecosistemas deteriorados o destruidos, del aire enrarecido que nos rodea en el hogar, de la sexta extinción masiva que definitivamente ha comenzado

Solo se desea alertar, informar y llamar a la reflexión acerca de la inminente necesidad de entender que debemos actuar inteligentemente ante la exigencia de la naturaleza, porque podemos desaparecer como civilización e incluso como especie, pero la naturaleza seguirá su curso y su resiliencia le permitirá continuar, ahora sin nosotros, que nos estamos autodestruyendo en el insensato afán de destruirla a ella.

La sostenibilidad debe ser la actitud y aptitud que debemos aprender y comenzar a practicar mientras tengamos oportunidad. No la dejemos pasar, porque quizás sea la última.

Los autores

RESUMEN

En este libro se pretende ofrecer al estudiante (y a cualquier persona interesada en aprender) los conceptos y principios básicos que caracterizan y condicionan el objetivo último de la necesidad de alcanzar la sostenibilidad: vivir en comunión con la naturaleza de la cual formamos parte, sin provocar su deterioro y, por el contrario, asegurar que las futuras generaciones también la puedan disfrutar.

En el contexto introductorio presentamos tres fenómenos que están ocurriendo sin que nos demos cuenta: la nueva época del Antropoceno, los límites planetarios y los sistemas socio-ecológicos. Ellos marcan la necesidad de ser sostenibles, y le imprimen a la sostenibilidad su complejidad y su urgencia. De seguidas, discutimos los conceptos emergentes que requerimos para alcanzar la sostenibilidad: el capital natural y los servicios ecosistémicos, los cuales una vez internalizados y asumidos en la praxis nos pueden facilitar la transformación individual y colectiva para trabajar en función del complejo proceso de desarrollo sostenible.

Continuamos con el evento que ha marcado el punto de inflexión de todo este asunto: las Metas del Desarrollo Sostenible, promulgadas por la ONU en 2016, pero que están encontrando más problemas que los esperados, sobre todo por los amplios objetivos que cada una de las 17 metas implica, cuyo seguimiento e indicadores resultan desafiantes en muchos casos. En el capítulo 5 se presentan los cuatro aspectos en los cuales la sostenibilidad debe asegurar su prevalencia, de manera de superar los escollos que los mismos representan: la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático global, la producción de alimentos, la producción de bienes y servicios acelerada y descontrolada, y algunas alternativas que se vienen considerando por mucho tiempo, pero que no terminan de concretarse.

Por último, se ofrece una somera exposición sobre el aspecto práctico más visible de la sostenibilidad, la producción y el consumo adecuado a los principios de la conservación de la naturaleza y la sociedad misma. En realidad, quedan muchas aristas que cubrir, pero en este modesto intento de difundir y formar opiniones favorables y cónsonas con la sostenibilidad, se quedan por fuera. Solo deseamos que se encienda una llama de curiosidad e interés que permita la consecución individual de las metas de sostenibilidad que cada quién debe asumir y practicar.

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,

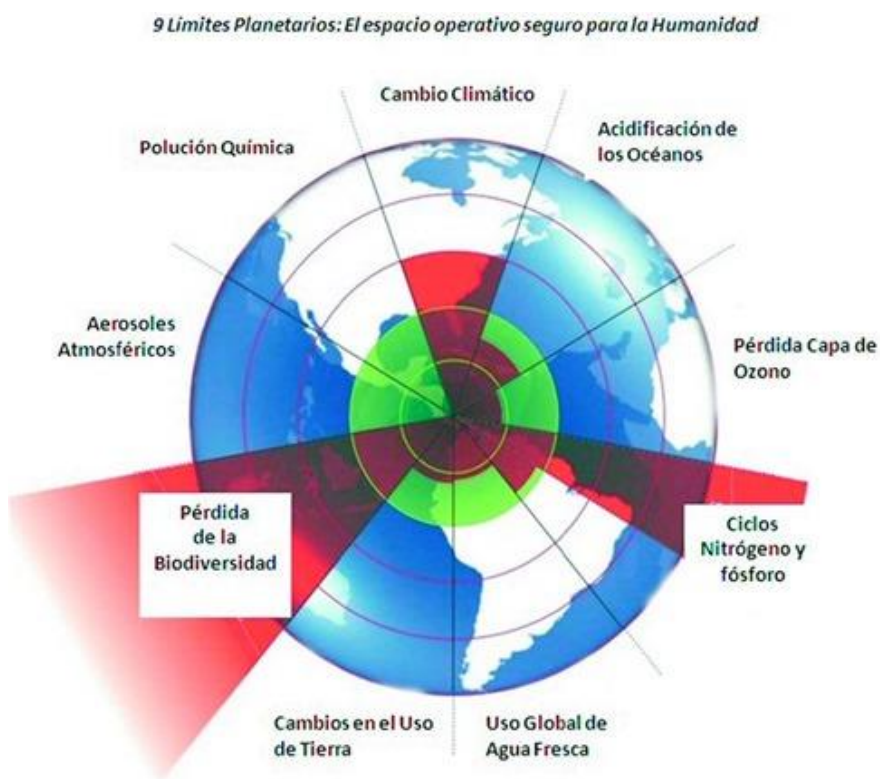
dentro de los cuales la humanidad pueda operar con seguridad. Transgredir uno o más límites planetarios puede ser perjudicial o incluso catastrófico, debido al riesgo de traspasar umbrales que desencadenen un cambio del medio ambiente no lineal y abrupto, a escala continental o planetaria. Los autores 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.

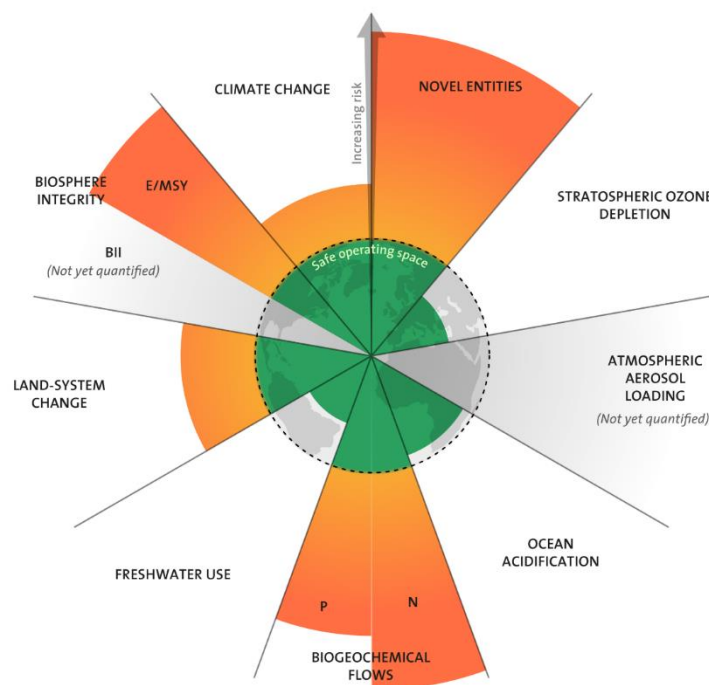
Llenar esas lagunas requerirá grandes avances en la ciencia y resiliencia del sistema de la Tierra. La resiliencia puede definirse como la capacidad de un sistema y sus componentes para anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos de un shock o estrés de manera oportuna y eficiente. El 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 2012, 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 2015, 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>.

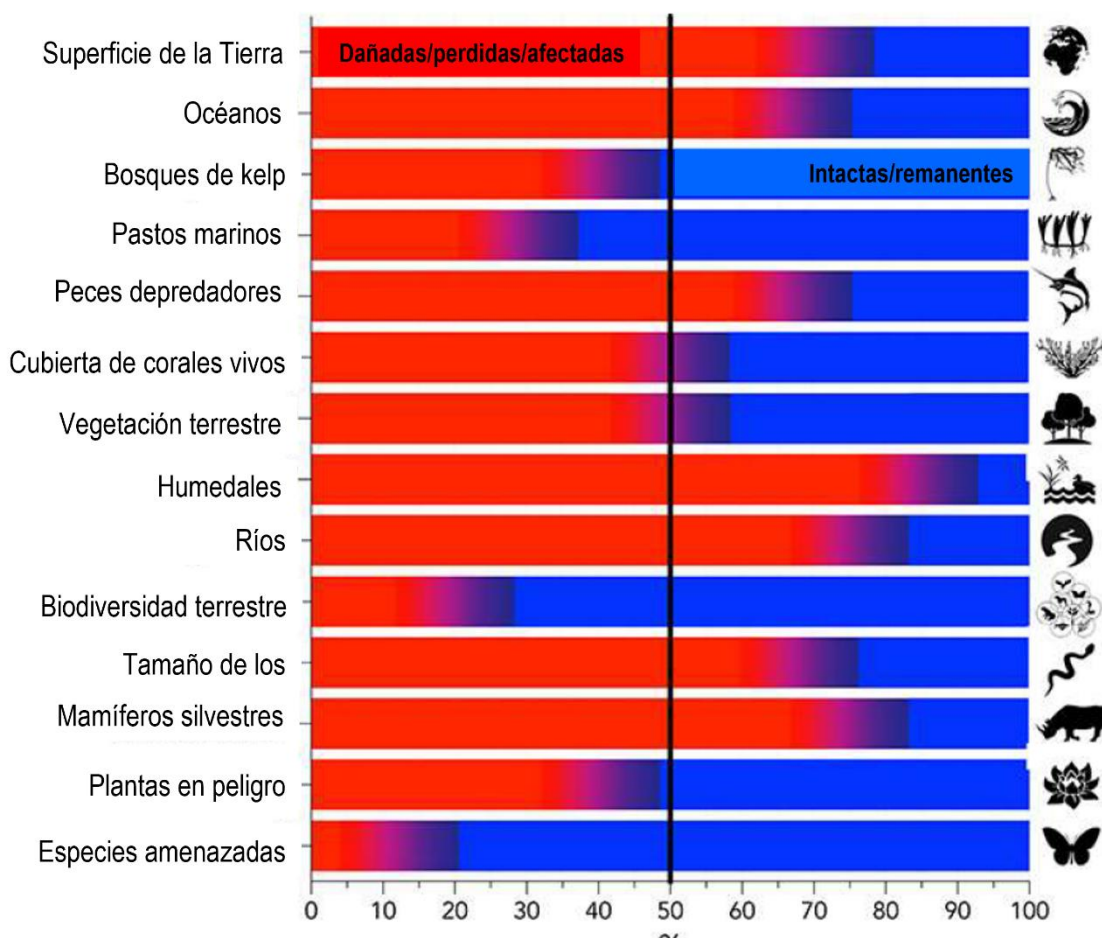
Ante este inexorable dilema, la sociedad humana se percata de la necesidad apremiante de inventar y arbitrar soluciones que impidan desembocar en el resultado de inestabilidad y degradación que ya se ha hecho parcialmente evidente a lo largo de las diversas escalas de funcionamiento y de los procesos 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.

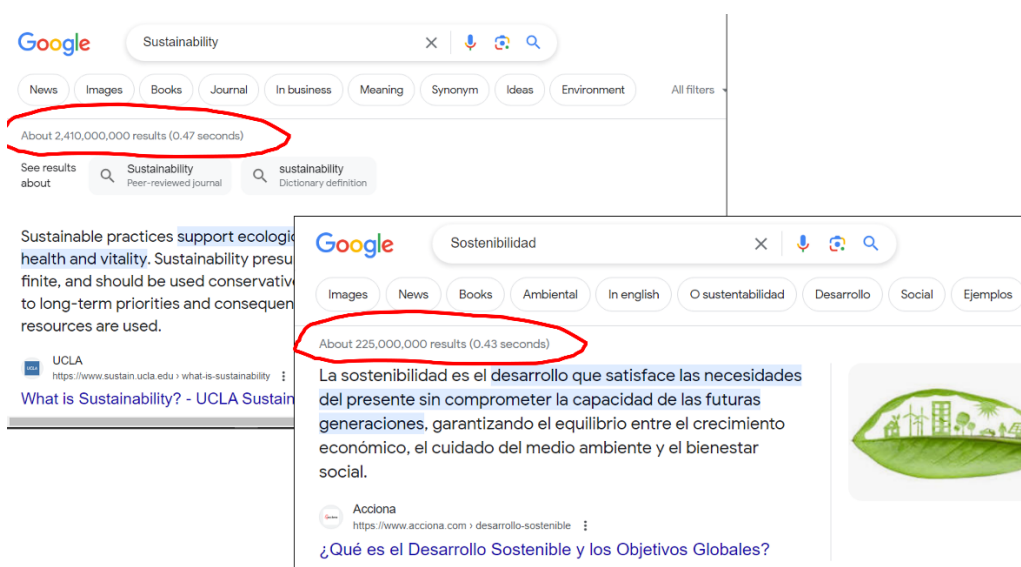
CAPÍTULO 2: VISIONES DE LA SOSTENIBILIDAD

2.1 Información creciente sobre del vocablo *Sostenibilidad*

En la actualidad, el término sostenibilidad está ampliamente difundido y es de mucho interés para una inmensa porción de los habitantes del planeta. Una búsqueda en Google a principios de julio de 2023, con el término *Sustainability**, arroja un total de **2.410 millones** de URLs, y con el término *Sostenibilidad**, aparecen **225 millones** en la búsqueda (Figura 4). La diferencia entre una y otra demuestra la supremacía del idioma inglés en la red. Aunque en realidad hay mucha redundancia y en muchos casos el término es tratado con superficialidad, estas cifras son definitivamente altas.

Figura 4.

Búsquedas del término Sustainability y Sostenibilidad* en Google, realizadas a principios de julio de 2023*



Fuente: Elaboración de los autores

Las primeras investigaciones sobre el desarrollo sostenible se limitaban a un marco teórico abstracto que apenas se adaptaba a la urgencia de la sostenibilidad global. Como resultado, ha habido un aumento en la cantidad de reportes de investigación cualitativa y cuantitativa sobre el tema, avanzando hacia los conceptos de capacidad de carga ambiental, servicios ecosistémicos, huella ecológica y ecoeficiencia. Muestra de ello son los 2.094 registros bibliográficos con los

términos relacionados con las ciencias de la sostenibilidad (*ambiente, *cambio climático, *cambio global, *sostenibilidad, *desarrollo sostenible, *gestión ambiental, *impacto, *energía, *indicadores) entre los años 1991 y 2016 (Olawumi y Chan, 2018), reseñados en la *Web of Science*⁷. Mientras que Hallinger y Chatpinyakoop (2019) reportan 1.459 documentos científicos recuperados de *Scopus*⁸ para el período 1998-2018, pero únicamente con los términos *sostenibilidad y *educación superior". Curiosamente, en ambos estudios, el mayor volumen de documentos fue publicados a partir del año 2011.

Pero, especialmente en los años más recientes, los científicos y los políticos se interesaron por medir el alcance y los efectos de las actividades humanas que pueden ser soportadas por el ecosistema en respuesta a la imprevisibilidad y complejidad de los cambios del medio ambiente global. Fue así que emergió, a finales de la primera década del presente siglo, el concepto de *límites planetarios* tratado analizado en el capítulo 1. Desde 2009 hasta 2021 (12 años) se han publicado 530 artículos y reportes científicos específicamente relacionados con los límites planetarios, sus implicaciones y su aplicabilidad en la dilucidación de los graves problemas que han surgido en los ecosistemas y la intervención humana de los mismos (Chen, Chen, Tan, *et al.*, 2022).

De manera similar, luego de la declaración de la cumbre de Desarrollo Sostenible de la ONU en 2015, cuando se aprobaron las metas del desarrollo sostenible (SGD, por sus siglas en inglés), Yamaguchi, Bernardino, Ferreira, *et al.* (2023) recuperaron 322 documentos científicos en la *Web of Science*, publicados entre 2015 y 2022, específicamente enfocados en las 17 metas del desarrollo sostenible.

Lo novedoso del concepto y del enfoque de sostenibilidad plantea la necesidad de analizar, discutir y contrastar los diversos puntos de vista, posiciones y estilos de tratar el problema que de manera creciente están surgiendo en la corriente científica de la información y el conocimiento, lo cual escapa del propósito de este texto. Aunque sí es necesario revisar algunos conceptos que subyacen en la concepción y operacionalización de los principios de las ciencias

⁷ La **Web of Science (WoS)**, anteriormente conocida como **Web of Knowledge**) es una plataforma de acceso pago que brinda (normalmente a través de Internet) acceso a múltiples bases de datos que brindan datos de citas y referencias de revistas académicas, actas de congresos y otros documentos en varias disciplinas académicas. Originalmente fue producido por el Instituto de Información Científica. Actualmente es propiedad de *Clarivate*.

⁸ **Scopus** es la base de datos de resúmenes y citas de Elsevier lanzada en 2004. Scopus cubre casi 36.377 títulos (22.794 títulos activos y 13.583 títulos inactivos) de aproximadamente 11.678 editoriales, de las cuales 34.346 son revistas revisadas por pares en campos temáticos de primer nivel: ciencias de la vida, ciencias sociales, ciencias físicas y ciencias de la salud. .

de la sostenibilidad. Ya hemos tratado algunos de ellos, como, la sistematicidad y complejidad del término, los sistemas socio-ecológicos y los límites planetarios. Toca ahora desglosar los conceptos de *capital natural* y *enfoque ecosistémico*, considerados fundamentales en toda la elaboración intelectual de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible.

La investigación ha demostrado de manera convincente que la heterogeneidad, la no linealidad y la innovación caracterizan al Antropoceno y generan vías de desarrollo que no pueden ser totalmente previstas de antemano. La implicación de esta imprevisibilidad inherente es que el desarrollo sostenible puede perseguirse de manera realista sólo a través de una estrategia iterativa que no solo atienda a la dinámica del sistema, sino que también nutra nuestra capacidad colectiva para guiar los caminos del desarrollo de una manera dinámica, adaptativa y reflexiva. La investigación hasta la fecha apunta a seis de esas capacidades, cada una de las cuales parece ser necesaria, aunque no suficiente, para promover el desarrollo sostenible:

- La capacidad para medir el desarrollo sostenible;
- La capacidad de promover la equidad en la búsqueda del desarrollo sostenible;
- La capacidad de adaptarse a los choques y sorpresas que amenazan el desarrollo sostenible;
- La capacidad de transformar caminos insostenibles de desarrollo;
- La capacidad de vincular el conocimiento con la acción en pos de la sostenibilidad, y
- La capacidad de idear arreglos de gobernanza que apoyen la acción colectiva para nutrir los recursos compartidos, promover la equidad y enfrentar la incertidumbre en la búsqueda de sostenibilidad (Clark y Arley, 2019).

2.2 El capital natural y la sostenibilidad

El enfoque de capital toma prestado el concepto de capital desde la economía, y lo amplía para incluir varios tipos de capital: capital fabricado o construido (todos los activos producidos que forman la economía humana en un sentido tradicional), capital natural (el medio ambiente y los recursos naturales), capital humano (capacidades de las personas para trabajar, incluidos los conocimientos, las habilidades y la salud), y capital social (stocks de redes sociales, confianza mutua y arreglos institucionales) (Wu y Wu, 2012).

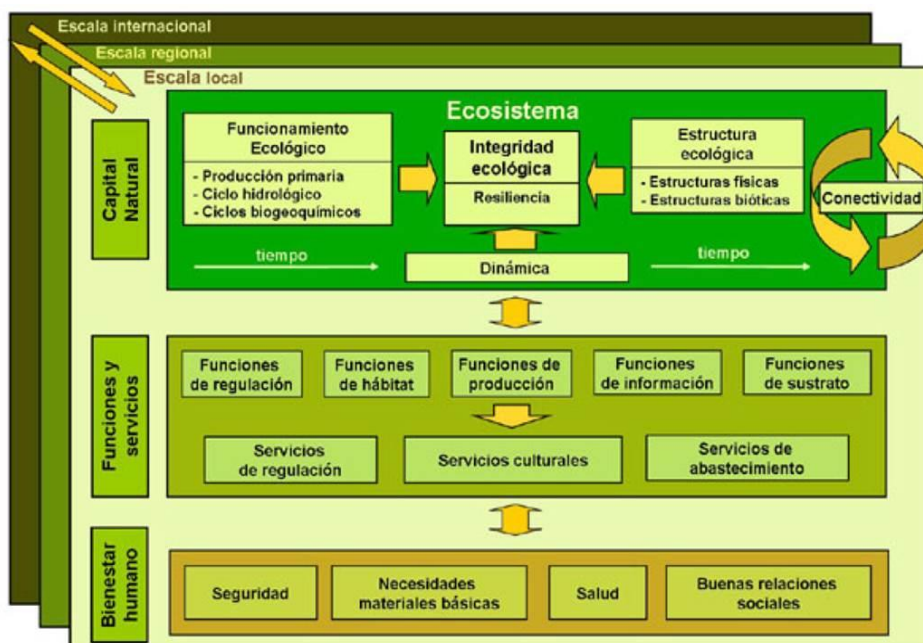
Como es reconocido por todos, los ecosistemas generan numerosos bienes y servicios para el bienestar humano. Algunos de los beneficios se obtienen a través de los mercados, mientras que

otros son consumidos o disfrutados por los humanos sin la mediación de transacciones mercantiles (Gómez-Baggethun y de Groot, 2007). Dicha relación se puede visualizar en la Figura 5.

El *capital natural* (CN) incluye los bienes naturales de la Tierra (suelo, aire, agua, flora y fauna, bosques recursos minerales) y los servicios derivados de los ecosistemas (la polinización y los alimentos, provisión de agua manantiales, solo por mencionar unos ejemplos) que hacen posible la vida humana. Desde una perspectiva ecológica, el CN no puede ser concebido como una simple agregación de elementos. Además de estos componentes (estructura, procesos y funciones del ecosistema), el CN engloba todos aquellos intercambios e interacciones entre los mismos que determinan su integridad y resiliencia ecológica. En otras palabras, el concepto de capital natural se extiende más allá de la naturaleza como fuente de materias primas para la producción (por ejemplo, madera), para incluir el papel del medio ambiente y los ecosistemas en el apoyo al bienestar humano a través del suministro de bienes y servicios tan importantes como agua limpia, suelos fértiles, valiosos recursos genéticos y posibilidades de recreación y disfrute.

Figura 5.

Relaciones entre el capital natural y bienestar humano. Las funciones de los ecosistemas permiten generar todo un flujo de beneficios y productos que inciden en todos los componentes básicos del bienestar humano



Fuente: Gómez-Baggethun y de Groot (2007)

A lo largo de las tres últimas décadas, subdisciplinas como la *economía ambiental* y la *ecología económica* han intentado conectar el sistema económico con el sistema ecológico que lo sustenta: la primera, valorando las externalidades ambientales de cara a su incorporación en la contabilidad económica; la segunda, cuestionando los fundamentos y axiomas sobre los que reposa la economía neoclásica y tratando de desarrollar un nuevo marco conceptual y metodológico de análisis que refleje e incorpore los costes físicos reales de la actividad económica.

Los bienes y servicios provenientes del CN tienen un valor anual de 7,3 millones de millones de US \$ dólares (equivalente a 13% del Producto total bruto mundial), según lo señala el reporte Trucost (2013), y proporcionan alimentos, fibras, agua, salud, energía, seguridad climática y otros servicios esenciales para la humanidad. Un estimado más reciente lo ofrece el Banco Mundial (2021), quien cita al Foro económico Mundial en su estimación del valor añadido del producto mundial en 44 millones de millones, algo más de la mitad del PIB bruto del mundo, el cual depende del uso de recursos naturales y de los servicios ecosistémicos que regulan el funcionamiento de la biosfera. Ninguno de estos servicios, ni el acervo de CN que los produce, son adecuadamente valuados en comparación con el capital social y financiero. Aunque sean fundamentales para nuestro bienestar, su uso diario pasa casi inadvertido en el sistema económico vigente. En realidad, dichos costos se consideran *externalidades* de los procesos económicos (industriales y comerciales). ¡Si los agentes económicos privados tuviesen que pagar por el consumo de los bienes y servicios de la naturaleza, estarían perdiendo dinero!

Los activos de CN se dividen en dos categorías: los que no son renovables y se negocian, como los combustibles fósiles y minerales, y los que proporcionan bienes y servicios renovables y finitos para los que normalmente no existe un precio, como el aire limpio, el suelo, los cuerpos de agua (incluyendo los acuíferos) y la biodiversidad. Durante la última década, los precios de las materias primas, así como los riesgos, están creciendo por la sobreexplotación de los cada vez más escasos recursos del invaluable capital natural.

Tomando como ejemplo el caso del agua, la creciente demanda de las empresas por el CN y una oferta decreciente debido a la degradación y fenómenos como la sequía del medio ambiente, están contribuyendo a la escasez de recursos naturales, entre ellos el agua. El agotamiento de los bienes y servicios provistos por los ecosistemas, resultante de los daños causados por la contaminación, el cambio climático o el cambio de uso de la tierra, genera las externalidades de tipo económico, social y medioambiental.

Las políticas gubernamentales para hacer frente al desafío incluyen regulaciones ambientales e instrumentos mercantilizados que pueden internalizar los costos de CN y reducir la rentabilidad de las actividades contaminantes. En la ausencia de regulación, estos costos suelen permanecer externalizados, a menos que un evento como la sequía provoque la internalización rápida a lo largo de las cadenas de suministro a través de la volatilidad de precios de productos básicos (aunque los costes derivados de la sequía no necesariamente son proporcionales a la externalidad de cualquier riego).

El capital natural (CN) y los servicios ecosistémicos (SE) se consideran conceptos clave para apoyar la sostenibilidad ambiental, la conservación de la naturaleza y las áreas protegidas. Numerosos estudios e iniciativas internacionales han contribuido a su integración en el asesoramiento científico y político. Sin embargo, tanto la 'evaluación de los SE' como la 'valoración del CN' (VCN) son conceptos algo difusos todavía. Y no están totalmente aceptados por la comunidad global. Para algunos, sirven como paradigmas de investigación interdisciplinarios, mientras que otros reconocen su potencial para reformular cuestiones de política ambiental. Constituyen un campo dinámico con una atención considerable por parte de la política y las empresas, pero también son un terreno conceptual disputado, con muchos marcos y métodos parcialmente superpuestos (UFZ & WWF, 2020).

Se han mencionado seis controversias en torno a la VCN desafían el concepto: su claridad conceptual, su capacidad para tratar con la dinámica y la complejidad de la biodiversidad, así como con valores y argumentos éticos y no económicos, preocupaciones sobre la mercantilización de la naturaleza, así como cuestiones sobre equidad y justicia social. Algunos argumentan que, a pesar de ser cuestionada, la VCN es adecuada para proporcionar argumentos sólidos y pruebas del papel que desempeñan la conservación de la naturaleza y las áreas protegidas para el desarrollo humano a largo plazo.

El CN es un marco económico del medio ambiente, pero debe interpretarse en sentido amplio. En respuesta a la "invisibilidad económica de la naturaleza", el CN describe los ecosistemas como el "stock" o el "activo natural" del cual fluyen libremente los "servicios ecosistémicos" y se pueden disfrutar los beneficios asociados. La valoración del capital natural describe una amplia gama de enfoques, incluidos enfoques económicos, socioecológicos, culturales y espaciales, que pueden utilizarse para examinar diversos aspectos de la dependencia humana sobre esta base biofísica (UFZ & WWF, 2020).

La VCN complementa y apoya los argumentos éticos para la conservación de la naturaleza y el valor intrínseco de la biodiversidad para abordar explícitamente a los actores más allá del "sector verde". La VCN y la contabilidad del capital natural están siendo promocionadas por la ONU⁹, así como en varias instituciones financieras a nivel global, como el Banco Mundial¹⁰.

Se propone su inclusión en un Marco de Biodiversidad Global post-2020 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) e informan al menos nueve Objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. No obstante, los debates sobre biodiversidad y los informes recientes de IPBES brindan una imagen mixta en cuanto al papel que deben desempeñar tales conceptos. A pesar de su potencial, la VCN actualmente solo juega un papel menor en las decisiones de inversión de las instituciones financieras.

Muchos bancos, incluidos los grandes bancos de desarrollo, exigen estándares de sostenibilidad dentro de sus procedimientos de debida diligencia, es decir, para decidir si una empresa o proyecto cliente es elegible para recibir un préstamo. Sin embargo, la discusión sobre el establecimiento del capital natural como una clase de activo independiente y la aplicación generalizada de VCN aún se encuentran en una etapa temprana.

2.3 El enfoque ecosistémico: base de las iniciativas de desarrollo sustentable

Los ecosistemas combinan el entorno abiótico con comunidades biológicas (plantas, animales, hongos, microorganismos) para formar unidades funcionales autoorganizadas y regenerativas: combinaciones de formas de vida que controlan flujos como el de energía (por ejemplo, fotosíntesis), reciclaje de nutrientes (por ejemplo, fijación de nitrógeno) y materia orgánica (por ejemplo, descomposición de desechos orgánicos).

Los ecosistemas son bienes de capital, como el capital generado por el hombre (carreteras, edificios, puertos, máquinas) y como tal, los ecosistemas se deprecian si se usan mal o se usan en exceso. Pero se diferencian del capital generado en tres aspectos: (i) la depreciación es en muchos casos irreversible (o, en el mejor de los casos, los sistemas tardan mucho en recuperarse); (ii) no es posible replicar un ecosistema agotado o degradado; y (iii) los ecosistemas pueden colapsar abruptamente, sin previo aviso (Dasgputa, 2021).

⁹ <https://seea.un.org/es/content/enhance-natural-capital-accounting-policy-uptake-and-relevance>
Véase también <https://seea.un.org/content/global-assessment-environmental-economic-accounting>

¹⁰ <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/publication/the-economic-case-for-nature>

Como consecuencia de la creciente internalización de los mencionados principios del DS, ha surgido el Enfoque Ecosistémico (EE), propuesto por el Convenio de Diversidad Biológica en el año 2000, en el marco de las discusiones sobre biodiversidad y DS (CDB, 2004). El enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integrada de la tierra, agua y recursos vivos que promueve la conservación y uso sostenible de manera equitativa. El EE sirvió de base conceptual para la iniciativa de la “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio”, una investigación interdisciplinaria, con participación de centenares de científicos y académicos de todos los continentes, realizada durante los años 2001 a 2004, bajo el liderazgo de la MEA (2005).

El EE se basa en la aplicación de metodologías científicas apropiadas centradas en los niveles de organización biológica, que abarcan la estructura esencial, procesos, funciones e interacciones entre los organismos vivos y su ambiente. Reconoce que los seres humanos, con su diversidad cultural, son un componente integral de muchos ecosistemas.

El EE requiere de la gestión adaptativa para lidiar con la naturaleza compleja y dinámica de los ecosistemas, por un lado, y con la falta de conocimiento o comprensión de su funcionamiento por el otro. Los objetivos prioritarios son la conservación, tanto de la biodiversidad como de la estructura de los ecosistemas y los servicios que éstos prestan para el bienestar de la sociedad. El Convenio de Diversidad Biológica (CDB) ha establecido los 12 principios básicos para la aplicación del enfoque ecosistémico en los programas y proyectos orientados a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad¹¹. Dichos principios integran aspectos sociales, económicos, ecológicos, políticos y culturales en un área geográfica definida por límites ecológicos, al tiempo que enfatizan la necesidad de mantener una visión holística y sinérgica entre los agentes involucrados (población, instituciones, políticas) y las bases de datos con información sobre recursos, pues la gestión de las iniciativas de conservación debe ser adaptativa y dinámica, basada en el manejo eficiente y eficaz del conocimiento disponible.

La UNEP (2012) reconoce que este enfoque no pretende reemplazar a otros enfoques de conservación y manejo, sino más bien complementarlos y sustentarlos. Los enfoques tales como las áreas protegidas, los corredores biológicos o los programas de conservación de especies, así como las acciones realizadas dentro de los marcos nacionales legislativos y de políticas existentes, pueden integrarse para manejar situaciones ecológicas complejas.

¹¹ Tales principios pueden consultarse en detalle en: <http://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-en.pdf>. Una revisión de estos 12 principios lleva a destacar una similitud con los principios de los sistemas socio-ecológicos reseñados en el capítulo 1, como criterio para la definición y demarcación del concepto de sostenibilidad.

En América Latina se han adelantado diversos proyectos que aplican el EE en varias iniciativas de conservación y gestión de recursos naturales: bosques, ecorregiones, aguas, humedales, cuencas hidrográficas, áreas protegidas, entre otros (Andrade, 2007). La aplicación del EE en el desarrollo agrícola ha conducido al concepto de intensificación sustentable, el cual se discute más adelante.

Una apreciación sobre los dos conceptos: capital natural y servicios del ecosistema, la expresa de manera clara y contundente uno de los científicos de mayor influencia en el ámbito de los servicios ecosistémicos, autor (o coautor) de más de 600 publicaciones registradas en Google Scholar, como lo es Robert Constanza, de cuya publicación (Constanza, 2020) hemos extraído los párrafos que siguen:

El capital natural (CN) y los servicios ecosistémicos (SE) son obviamente importantes para sostener la vida humana en la tierra, (pero, cabe preguntarse:) ¿qué tan importante? ¿Sobre qué escalas temporales y espaciales? ¿Cuáles son los límites de la capacidad de la humanidad para sustituirlos? ¿A qué niveles de estrés cambian a algún otro estado (menos deseable)? Todas estas preguntas requieren la capacidad de comprender y modelar el sistema interconectado y coevolutivo de los humanos y el resto de la naturaleza. Además, las respuestas a estas preguntas no son puramente académicas. Los seres humanos tenemos que hacer elecciones y concesiones con respecto a los servicios de los ecosistemas, y esto implica y requiere “valoración”, porque cualquier elección entre alternativas competidoras implica que la elegida fue más “valorada”.

Es importante que las alternativas “compitan”, porque si podemos encontrar una solución “ganar-ganar”, entonces no se requiere una elección real y podemos evitar la valoración. Pero la mayoría de las decisiones ambientales implican el problema de tener que sopesar y agregar la miríada de diferentes tipos de “beneficios” de una acción propuesta frente a sus “costos”. En la mayoría de los casos, estos beneficios y costos son poco entendidos y cuantificados, especialmente a largo plazo. Además, la visión futura y las metas sociales que definen el grado en que algo es un beneficio o un costo están evolucionando y cambiando. Al hacer la valoración del CN y los SE, debemos considerar un conjunto más amplio de objetivos que incluyen la sostenibilidad ecológica y la equidad social, junto con el objetivo económico tradicional de la eficiencia emergente (Constanza, 2020: p.1).

2.4 Las distintas visiones en torno a la sustentabilidad

En la Economía ambiental se ha distinguido entre la *sostenibilidad débil*, la *sostenibilidad fuerte* y la *sostenibilidad superfuerte*. La primera hace hincapié como condición de sostenibilidad en el mantenimiento de la suma del capital natural (CN) y el capital aportado por el hombre (medios de producción creados). Ambas formas de capital serían intercambiables o sustituibles en esta visión. Lo que importa es que el acervo total de capital en la sociedad no disminuya.

La sostenibilidad débil sostiene que una buena gestión ambiental se basa en la valoración económica y el ingreso de la naturaleza al mercado. Los componentes ambientales deben tener un precio (valor de uso o de cambio), y en lo posible deben estar bajo derechos de propiedad, desembocando así en el concepto de “capital natural”. Esta posición es compatible con las posturas de la economía neoclásica, donde el CN sería otro factor de producción. Esta corriente entiende que existe una sustitución casi perfecta entre las diferentes formas de capital; se puede pasar de CN a otras formas de capital construidas por el ser humano, y viceversa.

Para la sostenibilidad fuerte debe procurarse mantener el CN, de manera independiente de la evolución del capital hecho por el hombre. Pero si ambos tipos de capital no son sustituibles entre sí, habrá ciertos niveles de CN que actúen como límites por debajo de los cuales no pueda descenderse, aunque pueda aumentar el capital del segundo tipo. El concepto económico de sostenibilidad fuerte es de interés adicional porque implica que dichos límites inferiores sean fijados no por el mercado sino por otros mecanismos sociales más amplios, donde esté representado un mayor espectro de la sociedad. Sin duda alguna, las generaciones futuras no alcanzarán, pese a estos artificios, a estar presentes en el momento del establecimiento de esos límites, pero al menos se asegura una toma de decisiones de mayor cobertura.

El interés mayor que surge del análisis de la teoría de la sostenibilidad fuerte es que la propia noción de límites impuestos desde fuera de la economía parece en principio enteramente coincidente con el establecimiento de normas mínimas de protección ambiental. Como es necesario asegurar la conservación y el mantenimiento de ecosistemas y especies, se plantea la necesidad de salvaguardar componentes como especies o ecosistemas, concebidos como un CN crítico, que no puede ser convertido en otras formas de capital, y que debe reconocer no sólo el valor económico, sino también un valor ecológico.

Finalmente, la sostenibilidad superfuerte apunta más allá de las valoraciones económicas y ecológicas, afirmando que existen múltiples escalas de valoración de la naturaleza. Son posturas que implican un cuestionamiento sustancial al desarrollo actual, defendiendo los valores propios de la naturaleza (ecocéntricas), y que reclaman alternativas de mayor alcance (Gudynas, 2011).

El informe del IAASTD (2009)¹² sobre la agricultura en la encrucijada, por su parte, es partidario de la sostenibilidad fuerte, señalando enfáticamente que los objetivos de DS deben situarse en el contexto de:

1. Las disparidades sociales y económicas actuales, así como la incertidumbre política en relación con las guerras y los conflictos;
2. La incertidumbre acerca de la capacidad de producir y tener acceso a suficientes alimentos de forma sostenible;
3. La incertidumbre acerca del futuro de los precios mundiales de los alimentos;
4. Los cambios en la economía del consumo energético basado en los combustibles fósiles;
5. La aparición de nuevos competidores en el sector de los recursos naturales;
6. El aumento del número de enfermedades crónicas que son, en parte, consecuencia de carencias nutricionales y la mala calidad de los alimentos, así como la inocuidad alimentaria, y
7. Condiciones ambientales cambiantes y una concienciación cada vez mayor acerca de la responsabilidad del hombre con respecto al mantenimiento de los servicios mundiales de los ecosistemas (suministro, regulación, aspectos culturales y apoyo).

2.5 Principios del desarrollo sostenible

Como se ha señalado, los términos DS y sostenibilidad han sido utilizados muy laxamente, a lo largo de los pasados 40 años, por algunos grupos, instituciones y gobiernos, pero recientemente comienza a emerger una concepción más clara y de mayor alcance, basada en cuatro principios fundamentales (Waas *et al.*, 2011):

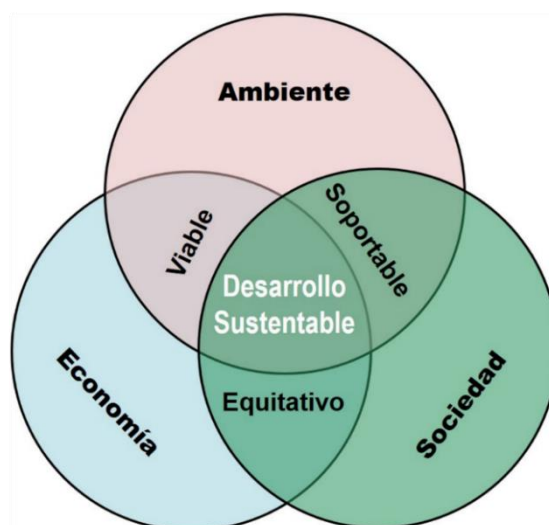
¹²La **Evaluación Internacional del Papel del Conocimiento, la Ciencia y la Tecnología para el Desarrollo** (IAASTD, por sus siglas en inglés) es un esfuerzo internacional iniciado por el Banco Mundial con el objeto de evaluar la pertinencia, calidad y eficacia de los conocimientos, la ciencia y la tecnología agrícolas (CCTA), y la eficacia del gasto público y las políticas del sector privado y los arreglos institucionales. El proyecto se desarrolló a partir de un proceso consultivo con participación de 900 expertos de 110 países. La IAASTD se lanzó como un proceso intergubernamental, con el copatrocinio de la FAO, el Fondo Medio Ambiental Global, el PNUD, el PNUMA, la UNESCO, el Banco Mundial y la OMS.

- *Normatividad*, pues estará determinada por nuestras visiones del mundo y decisiones basadas en nuestras creencias y valores.
- *Equidad*, que asegure iguales beneficios para todos los componentes, tanto del ecosistema, como del entramado social y, más importante aún, que las necesidades y aspiraciones de las sucesivas generaciones puedan ser satisfechas, haciendo uso racional de los recursos y conservándolos para ellas.
- *Integridad*, en la que la cultura, las instituciones y los procesos socioeconómicos funcionen armoniosamente, basados en el conocimiento científico y la innovación, bajo una visión inter y transdisciplinaria, sistémica y holística.
- *Dinamicidad*, cumpliendo con el atributo más importante de los ecosistemas, su dinamismo y cambio constante, pues el DS no es una meta definitiva y finita, sino un largo viaje cuyo destino final siempre estará sometido a un proceso evolutivo permanente.

En esencia, el modelo fundamental del DS se puede visualizar en la Figura 6. La interacción sistémica y holística entre sociedad, economía y ambiente constituye la base de la sostenibilidad. El concepto de sostenibilidad se fundamenta en el reconocimiento de las limitaciones y la potencialidad de la naturaleza, así como la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad en el tercer milenio; promueve una nueva alianza naturaleza-cultura fundando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y la tecnología, y construyendo una nueva cultura política fundada en una ética de la sostenibilidad en valores, creencias, sentimientos y saberes que renuevan los sentidos existenciales, los mundos de vida y las formas de habitar el planeta Tierra.

Figura 6.

Modelo fundamental del desarrollo sustentable



Fuente: Adaptado de Kates *et al* (2005)

Como lo señalan Kates *et al.* (2005), el DS se concibe en la actualidad como:

Un proceso integrador y contextualizado (en un entorno real y concreto), a través del cual la sociedad humana puede avanzar en sus metas de supervivencia y bienestar –mediante del uso inteligente y medurado de los recursos que la naturaleza provee a través de los ecosistemas– siempre y cuando prevalezcan acciones basadas en los valores y la sensibilidad ecológica, que aseguren que dicho uso no compromete la capacidad de las generaciones futuras para igualmente alcanzar sus necesidades y metas de bienestar.

De esta manera, esta concepción de DS implica la consideración integral de las siguientes interrogantes:

- 1) ¿Qué es lo que se necesita sustentar?: la naturaleza, el sistema de soporte de la vida y las comunidades, con sus correspondientes categorías intermedias, los ecosistemas, el ambiente y la cultura, respectivamente.
- 2) ¿Qué es lo que se quiere desarrollar?: el hombre (enfaticando el desarrollo humano, expectativas de vida, equidad, salud educación, oportunidades), la economía (bienestar, producción limpia, consumo sustentable) y la sociedad (capital social, instituciones, regiones, Estados).

- 3) ¿Cuál es el nivel de inclusividad y exhaustividad de ambos aspectos (sustentar y desarrollar) y el alcance en el tiempo (10 años, una generación, permanentemente)?

En relación con la tercera interrogante, dentro del enfoque de sostenibilidad son cruciales los conceptos de equidad inter e intrageneracional. El primer concepto nos llama a ver a la Tierra y sus recursos no sólo como una oportunidad de inversión, sino como un fideicomiso o una fundación, legada a nosotros por nuestros antepasados, con el objetivo de que la disfrutemos y después la entreguemos a nuestros herederos para que ellos la disfruten también. El segundo concepto se refiere a las desigualdades dentro de segmentos diferentes de la misma generación, donde los segmentos más pobres sufren más los impactos y las consecuencias de la degradación ambiental y son más vulnerables a los desastres (Masera, 2002).

Por lo tanto, se requiere un cambio existencial, como bien lo señala León (2009), puesto que la especie humana ha participado desde su emergencia:

...en los procesos vitales en una forma articulada con el resto de los componentes ecosistémicos, fundiéndose en interacciones positivas, producto de la optimización de los flujos de energía, materia e información.... Ya lo cultural, aceptado como la actuación humana, descenderá de su pedestal antropocéntrico, para incorporarse en términos muy diferentes a las creencias y valores que hasta ahora había sustentado. León (2009: p. 175).

León enfatiza que la vida del hombre en este naciente siglo no va a depender de la disponibilidad de los recursos ni de los avances tecnológicos, sino más bien de la habilidad que logre cultural y existencialmente para participar en los procesos del ecosistema.

Desde otro punto de vista, Kuhlman y Farrington (2010) argumentan que el énfasis en los tres pilares de la sostenibilidad (ambiente, economía y sociedad), debe revisarse, para volver a la idea original establecida en 1987 de preservar hoy para asegurar el disfrute en el futuro. Los mencionados autores señalan que la visión de los tres pilares oscurece la verdadera contradicción entre los objetivos del bienestar para todos y la conservación del medio ambiente; corre el riesgo de disminuir la importancia de la dimensión ambiental, y separa los aspectos sociales de los económicos, que en realidad son uno y el mismo. En cambio, proponen volver al significado original, donde la sustentabilidad se relaciona con el bienestar de las generaciones futuras y, en particular, con los recursos naturales insustituibles, en oposición a la gratificación de las necesidades presentes que llamamos *bienestar*. Es necesario encontrar un equilibrio entre

esos dos, pero no fingiendo que son las tres caras de la misma moneda. Si bien utilizamos los recursos naturales a expensas de las generaciones futuras, también generamos capital (incluido el conocimiento) que eleva el bienestar futuro. Una pregunta importante es hasta qué punto el uno compensa al otro. Este debate se centra en el problema de la sustituibilidad, que se ha convertido en una distinción entre sostenibilidad "débil" y "fuerte". Se argumenta que estos dos no necesitan estar en oposición, sino que se complementan entre sí (Kuhlman y Farrington, 2010).

Ozili (2022), por su parte, señala la dificultad de definir y analizar los conceptos de desarrollo sostenible y sostenibilidad, debido a que cada profesión u ocupación tiene una perspectiva particular: los académicos visualizan la sostenibilidad como el proceso de incrementar el bienestar material promedio sin afectar negativamente el medio ambiente, mientras que los políticos y formuladores de políticas la conciben como el conjunto de normas, códigos y estándares de reglas y leyes que guían el uso sostenible de los recursos disponibles. Por su lado, los activistas ven los dos conceptos como una agenda que favorece la protección del medio ambiente a expensas de un mayor bienestar material, especialmente cuando el aumento del bienestar material viene aparejado el costo de degradar el medio ambiente. De la misma manera, Ozili (2022) también sugiere que se considere a las dimensiones de gobernanza, tecnología, cultura y conocimiento a las tres tradicionalmente consideradas (económica, social y ambiental), dentro del marco conceptual de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible, debido a que ambos conceptos son multidimensionales e interdisciplinarios.

Las políticas y acciones para impulsar el desarrollo sostenible y la sostenibilidad van a depender, en última instancia, de la interacción mutua y las negociaciones entre las dimensiones sociales, económicas, ambientales, culturales, tecnológicas y de gobernanza, para la toma de decisiones y ejecución de acciones que resguarden la sostenibilidad y fomenten el desarrollo equitativo, justo y democrático de todos los agentes involucrados.

CAPÍTULO 3: LAS METAS DEL DESARROLLO SUSTENTABLE (MDS)

3.1 Breve historia de las MDS¹³

Las MDS¹⁴ se basan en muchos años de trabajo de los países y la ONU, incluido el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU.

- En junio de 1992, en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, Brasil, más de 178 países adoptaron la Agenda 21, un plan de acción integral para construir una asociación mundial para el desarrollo sostenible con el fin de mejorar la vida humana y proteger el medio ambiente.
- Los Estados miembros adoptaron por unanimidad la Declaración del Milenio en la Cumbre del Milenio en septiembre de 2000, en la sede de la ONU en Nueva York. La Cumbre condujo a la elaboración de ocho Metas de Desarrollo del Milenio (ODM) para reducir la pobreza extrema para 2015.
- La Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible y el Plan de Implementación, adoptados en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Sudáfrica en 2002, reafirmaron los compromisos de la comunidad mundial con la erradicación de la pobreza y el medio ambiente, y se basaron en la Agenda 21 y la Declaración del Milenio al incluir más énfasis en las asociaciones multilaterales.
- En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20) en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 2012, los Estados miembros adoptaron el documento final "*El futuro que queremos*" en el que decidieron, entre otras cosas, iniciar un proceso para desarrollar un conjunto de ODS para construir sobre los ODM y establecer el Foro Político de Alto Nivel de la ONU sobre Desarrollo Sostenible. El resultado de Río+20 también contenía otras medidas para implementar el desarrollo sostenible, incluidos mandatos para futuros programas de trabajo en el financiamiento del desarrollo, pequeños estados insulares en desarrollo y más.
- En 2013, la Asamblea General estableció un Grupo de Trabajo Abierto de 30 miembros para desarrollar una propuesta sobre las MDS.

¹³ Adaptado del sitio de las UN: <https://sdgs.un.org/es/goals>

¹⁴ Es necesario tener en cuenta que el término en inglés "Sustainable Development Goals" ha sido traducido libremente como Objetivos del desarrollo sostenible, lo cual crea confusión con la intención original de la declaración de la ONU, que se refiere a 17 METAS (Goals), que a su vez abarcan 169 OBJETIVOS (Targets).

- En enero de 2015, la Asamblea General inició el proceso de negociación de la agenda de desarrollo post-2015. El proceso culminó con la posterior adopción de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.
- 2015 fue un año histórico para el multilateralismo y la formulación de políticas internacionales, con la adopción de varios acuerdos importantes:
 - ✓ Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (marzo de 2015).
 - ✓ Agenda de Acción de Addis Abeba sobre Financiamiento para el Desarrollo (julio de 2015).
 - ✓ Transformando nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible con sus 17 MDS fue adoptada en la Cumbre de Desarrollo Sostenible de la ONU en Nueva York en septiembre de 2015.
 - ✓ Acuerdo de París sobre el Cambio Climático (diciembre de 2015).
- Hasta esa fecha, el Foro Político Anual de Alto Nivel sobre Desarrollo Sostenible sirvió como la plataforma central de la ONU para el seguimiento y revisión de las MDS. En la actualidad, se encarga de ello el equipo liderado por Departamento de Desarrollo Económico y Social, con el apoyo de más de 50 instituciones regionales o internacionales.

Las Metas del Desarrollo Sostenible vienen a sustituir las *Metas de Desarrollo del Milenio*, promulgadas por la ONU en el año 2000, para reducir a la mitad las tasas de pobreza extrema, detener la propagación del VIH/SIDA y brindar educación primaria universal, para la fecha límite de 2015, mediante un plan acordado por 189 países del mundo y las principales instituciones de desarrollo del mundo (ONU, OCDE, FMI, Banco Mundial, BID), para impulsar esfuerzos sin precedentes para satisfacer las necesidades de los más pobres del mundo. Con base en informes de J. Stiglitz y A. Sen, reconocidos expertos en economía que revisaron críticamente el programa, Steimann (2011) apunta que la prevalencia de los conceptos de “erradicación de la pobreza”, “erradicación de enfermedades” y “mejoramiento de la educación”, tratados de manera casi independiente, así como el énfasis en la ayuda financiera de “países desarrollados donantes”, y la escasa participación de los países receptores del programa (África, Asia y Latinoamérica y el Caribe) imprimió un cierto clima de “incoherencia” en la formulación de metas y objetivos de desarrollo del Milenio. Agrega también la escasa atención a los problemas

de rendición de cuentas de los países receptores y de las organizaciones no gubernamentales involucradas. Todo ello llevó a que muy pocos de los objetivos planteados en las ocho metas propuestas pudiesen cumplirse cabalmente.

Sin embargo, vale destacar que, en la actualidad, cualquier referencia a dicha promulgación ha sido borrada de las páginas web de las Naciones Unidas, sin que se hayan señalado oficiosamente razones algunas para ello. Algunos autores opinan que el virtual fracaso en alcanzar las metas propuestas y la consolidación de un discurso de segregación entre países del Norte y del Sur abrió la puerta a fuertes críticas a la Agenda del Milenio. Por lo tanto, a medida que se acercaba 2015, hubo llamados generalizados para una reformulación profunda del sistema.

La globalización había llegado a todos los rincones del mundo, generando una convergencia de desarrollo entre países, pero aumentando las desigualdades dentro de los países. El creciente interés por la crisis ambiental y otros desafíos globales, como la reubicación del trabajo y los flujos migratorios, consolidaron un nuevo enfoque del desarrollo y la necesidad de una agenda más abarcadora, lo cual desembocó en las Metas del Desarrollo Sostenible (Sianes, Vega-Muñoz, Tirado-Valencia, *et al.*, 2022).

Samir Amin¹⁵ (2006) criticó agudamente todo el programa de las Metas del Milenio, al exponer, entre otras consideraciones, que:

- 1) El énfasis esencial estuvo en el financiamiento, proveniente de los grandes capitales del mundo desarrollado, la privatización de los servicios públicos, especialmente en educación y salud, desvirtuando los propósitos de alfabetización y mejoramiento de las condiciones sanitarias.
- 2) La vuelta a la apropiación privada de la tierra, similar a la situación de los siglos XVII y XVIII, para eliminar las sociedades campesinas y rurales y promover la migración de mano de obra barata hacia las grandes urbes.
- 3) La apertura comercial con mínimas regulaciones del estado, que llevan al renacer de los oligopolios, como es el caso de los productores de café en todo el mundo que recibieron 6 millardos de \$ frente a los 30 millardos anuales que pagaron los consumidores en años recientes.

¹⁵ Destacado economista de origen egipcio y radicado en Francia (1931-2018) de orientación marxista, fue fundador y impulsor de la teoría de la Dependencia, reconocido por la comunidad académica como uno de los científicos sociales europeos más influyentes, junto Paul Baran y Paul Sweezy, igualmente reconocidos en la academia norteamericana.

- 4) La apertura igualmente descontrolada del movimiento de capitales. El falso pretexto que se esgrime es que la desregulación permitiría atraer capital extranjero. Sin embargo, es bien sabido que China, que atrae más de este capital que otros países, ha mantenido un control más estricto sobre las empresas extranjeras. En otros lugares, las inversiones extranjeras directas tienen como objetivo poco más que el saqueo de los recursos naturales.

Amin concluye que las Metas del Milenio fueron una especie de puerta de entrada al más puro liberalismo, ahora denominado neoliberalismo, que retrotrae a los países del Sur hacia un nuevo neocolonialismo (Amin, 2006).

3.2 Las Metas de Desarrollo Sostenible

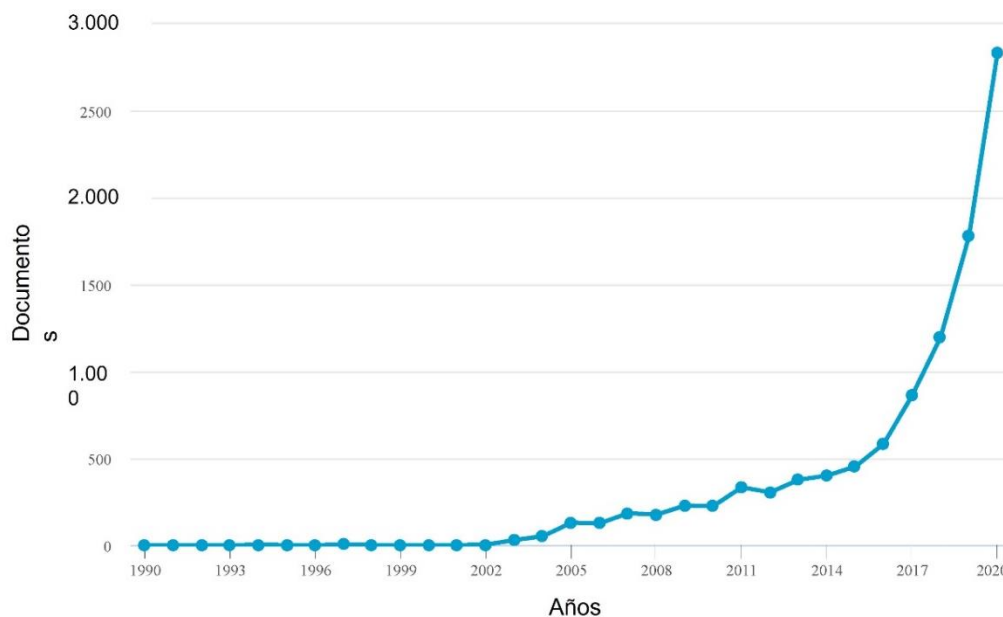
Las Metas de Desarrollo Sostenible (MDS) de las Naciones Unidas (ONU) son una agenda política universal aprobada por unanimidad el 25 de septiembre del año 2015, en la cual aborda una acción colectiva para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos, resolviendo los problemas sociales, económicos y ambientales que obstaculizan el progreso global hacia la sostenibilidad, estableciendo 17 metas generales, con 169 objetivos a alcanzar para el año 2030.

Una consulta simple realizada a través de Web of Science (WoS) con las palabras clave "Objetivo de desarrollo sostenible", entre 2000 y 2020, realizada el 1 de octubre de 2022 dio como resultado 37.937 registros (Diaz-Lopez, Martin-Blanco, De la Torre Bayo, *et al.*, 2021). Una búsqueda más refinada finalmente identificó 10.272 documentos pertinentes, cuya distribución anual se muestra en la Figura 7.

Se refleja en esta figura el gran interés por los ODS como objeto de investigación en los últimos años y la abundante literatura científica que ha generado, especialmente a partir del año 2005, cuando se inicia un crecimiento moderado, que en 2016 crece de manera vertiginosa, luego de promulgadas las MDS por las Naciones Unidas.

Figura 7.

Distribución de la literatura científica por año, generada entre 1990 y 2020, sobre las Metas del Desarrollo Sustentable



Fuente: Díaz-Lopez, Martín-Blanco, De la Torre Bayo, *et al.* (2021)

De acuerdo con Díaz-López *et al.* (2021) Los resultados muestran cómo las MDS han ganado terreno rápidamente debido a la creciente urgencia del desarrollo sostenible para todo el mundo. También destacan una combinación de desarrollo económico, sostenibilidad ambiental e inclusión social, aunque hasta el momento, no se ha llegado a un consenso sobre las ventajas y desventajas y las sinergias entre los objetivos económicos, ambientales y sociales. Aún así, un enfoque compartido en los objetivos económicos, ambientales y sociales es un sello distintivo del desarrollo sostenible y representa un amplio consenso sobre el cual se puede elaborar y debatir.

La Asamblea General de la ONU aprobó la Resolución A/RES/70/1 sobre “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”. La agenda delineó 17 MDS y los objetivos e indicadores específicos para cada una de ellas fueron definidos por la ONU, totalizando 169 objetivos y 231 indicadores que forman un plan de acción global (Naciones Unidas 2017). Además, la Agenda estableció cinco áreas de importancia crítica conocidas como los cinco pilares (5P): personas, planeta, prosperidad, paz y asociación (Tabla 1).

Las MDS son un modelo reconocido esencial para lograr una prosperidad compartida y sostenible con la acción global entre las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales,

las empresas, la industria, las organizaciones de la sociedad civil, la investigación y el desarrollo tecnológico (Khaled *et al.* 2021). Las metas, tal y como fueron aprobadas por la ONU se expresan de la siguiente manera:

- Meta 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- Meta 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- Meta 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- Meta 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- Meta 5: Lograr la igualdad entre los géneros.
- Meta 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- Meta 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Meta 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- Meta 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Meta 10: Reducir la desigualdad en y entre los países. Meta 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Meta 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Meta 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Meta 14: Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- Meta 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- Meta 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- Meta 17: Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

La Sostenibilidad como Paradigma Socio-Ecológico: Complejidad, Transdisciplinariedad y Desarrollo Sostenible

Tabla 1.

Metas de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas con sus objetivos (targets) y el número de indicadores

Metas	Breve descripción	Objetivos	Indicadores	Clasificación 5Ps*
1	Sin pobreza	7	13	Personas
2	Hambre cero	8	13	Personas
3	Buena salud y bienestar	13	28	Personas
4	Educación de calidad	10	12	Personas
5	Igualdad de género	9	14	Personas
6	Agua limpia y saneamiento	8	11	Personas, Planeta
7	Energía asequible y limpia	5	6	Prosperidad, Planeta
8	Trabajo decente y crecimiento económico	12	16	Prosperidad, Personas
9	Industria, innovación e infraestructura	8	12	Prosperidad
10	Reducir las desigualdades	10	14	Prosperidad, Personas
11	Ciudades y comunidades sostenibles	10	15	Prosperidad
12	Consumo y producción responsables	11	13	Planeta
13	Acción climática	5	8	Planeta
14	La vida debajo del agua	10	10	Planeta
15	La vida en la tierra	12	14	Planeta
16	Paz, justicia e instituciones sólidas	12	14	Paz
17	Alianzas para los objetivos	16	24	Camaradería

Nota: * 5 Ps, Planeta, Prosperidad, Personas, Paz y Camaradería

Una de las grandes fortalezas del marco de las MDS en su formulación inicial es su reconocimiento de los vínculos íntimos entre el bienestar humano, la prosperidad económica y un medio ambiente saludable. En su adopción, debe enfatizar un mensaje claro de que restaurar y mantener la salud de la base de recursos naturales es una condición necesaria para erradicar la pobreza y sostener el progreso económico para todos. Debe darse máxima prioridad a las políticas y acciones que promuevan y permitan desvincular radicalmente el crecimiento económico del consumo de recursos naturales y los impactos ambientales. Tales medidas deberán conducir a grandes aumentos en la eficiencia de los recursos de los sistemas de producción del mundo y una mayor sostenibilidad en los estilos de vida que llevan sus pueblos. Este requisito es tan fundamental que al Consumo y la Producción Sostenibles (CPS) se les ha otorgado tanto un estatus general como un objetivo específico entre los 17 ODS (UNEP, 2015a).

Sin embargo, la gran diversidad de metas, objetivos, ámbitos de acción, grupos sociales, instituciones y posiciones de los líderes, agrega complejidad al proceso global y dificultad en el diseño de estrategias de articulación en las negociaciones requeridas y en las necesidades de conocimiento, instancias y espacios de acción. De allí que se comprenda y justifique el gran volumen de información científica, profesional y noticiosa que está generándose alrededor del proceso.

Adicionalmente, está el ámbito del elemento humano, que atañe a las personas, la prosperidad de familias, grupos o ciudades, las empresas privadas o no gubernamentales de las que forman parte, los que desde el gobierno (local, regional, nacional o internacional) deben direccionar y accionar el cumplimiento de las metas y sus objetivos, a través de debates, alianzas, integraciones, grupos de interés, cadenas de valor y cadenas de suministro, etc. Los niveles de educación, capacidades de organización, de aprendizaje y de acciones colectivas o cooperativas, dependerán de la instancia y contexto individuales o comunitarios.

Las Naciones Unidas misma reconoce en su último informe de seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2022) que ha habido tropiezos y dificultades en durante 2021 y 2022, para el logro de las expectativas planteadas para las MDS. En primer lugar, la pandemia de Covid-19 en su tercer año y la guerra entre Rusia y Ucrania han puesto la iniciativa de la Agenda 2030 en peligro. A continuación, se reproducen algunos de los señalamientos más resaltantes del informe de seguimiento mencionado.

- Para 8 de las 17 MDS, menos de la mitad de los 193 países o zonas cuentan con datos comparables a nivel internacional del año 2015 o posteriores. Si bien la meta 3 (salud) y

la meta 7 (energía) cuentan con la mayor disponibilidad de datos (más de 80% de los países tienen al menos un punto de datos desde 2015), solo alrededor de 20% de los países disponen de datos para el Objetivo 13 (acción por el clima).

- La COVID-19 planteó una grave amenaza para el sistema estadístico nacional que ya estaba en dificultades y se convirtió en una llamada de atención sobre la necesidad de contar con una base estadística y de TIC más sólida. En mayo de 2020, 96% de los países puso un fin total o parcial a la recopilación de datos presenciales debido a las medidas nacionales de confinamiento.
- La pandemia de COVID-19 causó un retroceso en los últimos 25 años de constante progreso en la reducción de la pobreza y el número de personas en situación de pobreza extrema aumentó por primera vez en una generación. Ahora, el aumento de la inflación y las repercusiones de la guerra en Ucrania pueden descarrilar ese progreso aún más.
- El estallido de la guerra en Ucrania supone una amenaza adicional para la inseguridad alimentaria, ya que podría provocar aumentos en los niveles de hambre y malnutrición, especialmente entre los más pobres y vulnerables. Se estima que 1 de cada 10 personas en el mundo padece hambre. Además, casi 1 de cada 3 (la inquietante cifra de 2.300 millones de personas) sufría inseguridad alimentaria moderada o grave en 2021, lo que significa que carecía de acceso regular a una alimentación adecuada.
- En 2020, se encontró que 6,7% de los niños menores de 5 años (45,4 millones) sufrían de emaciación (bajo peso para la estatura) y el 5,7% (38,9 millones) de sobrepeso. Se calcula que en 2020 la prevalencia mundial de la ansiedad y la depresión aumentó en 25%, siendo los jóvenes y las mujeres los más afectados. Al mismo tiempo, los países informan que los servicios para las afecciones mentales, neurológicas y por consumo de sustancias fueron los más desestabilizados entre todos los servicios de salud esenciales, lo que amplió las brechas en la atención a la salud mental.
- El cierre de escuelas ha tenido consecuencias preocupantes para el aprendizaje y el bienestar de los niños, especialmente para las niñas y los desfavorecidos, como los niños con discapacidades, los habitantes de zonas rurales y las minorías étnicas. Se calcula que 147 millones de niños y niñas perdieron más de la mitad de su instrucción presencial en los últimos dos años. Según un informe de la UNESCO de 2020, 24 millones de estudiantes, desde el nivel preescolar hasta el universitario, están en riesgo de no retomar la enseñanza.
- La proporción de la población mundial que utiliza servicios de agua potable gestionados de manera segura aumentó de 70% en 2015, a 74% en 2020. Aun así, 2.000 millones

de personas carecían de estos servicios ese año, entre ellas 1.200 millones de personas que no disponían siquiera de un nivel básico de servicios. Ocho de cada 10 personas que carecen de un servicio básico de agua potable viven en zonas rurales y aproximadamente la mitad de ellas viven en PMA.

- A mediados de 2021, el número de personas obligadas a huir de sus países debido a guerras, conflictos, persecuciones, violaciones de los derechos humanos y sucesos que alteran gravemente el orden público alcanzó los 24,5 millones, la cifra absoluta más alta registrada. Por cada 100.000 personas en el mundo, 311 son refugiados fuera de su país de origen.
- En el año 2020, los trastornos sociales y económicos causados por COVID-19 redujeron la demanda de energía en todo el mundo. Como resultado, las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂) se redujeron en 5,2% en 2020, el equivalente a casi 2 mil millones de t, el mayor descenso de la historia y casi cinco veces mayor que la caída por la crisis financiera mundial de 2009. Pero solo fue un respiro temporal. Una vez que se levantaron las restricciones por la COVID-19, la demanda de carbón, petróleo y gas aumentó. En consecuencia, las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en 2021 aumentaron 6%, alcanzando el nivel más alto de la historia y anulando por completo la reducción obtenida durante la pandemia en 2020 (ONU, 2022).

Este panorama poco halagador para los años 2020-2022 que apunta la ONU, es confirmado por Sachs, Lafortune, Fuller, *et al.* (2023), quienes afirman que, en el punto medio de la Agenda 2030, todos las MDS están seriamente desviadas. De 2015 a 2019, el mundo logró algunos avances, aunque muy insuficientes para lograr las metas originales. Desde el estallido de la pandemia en 2020 y otras crisis simultáneas, el progreso de las MDS se ha estancado a nivel mundial. En la mayoría de los países de ingresos altos (HIC), los estabilizadores automáticos, los gastos de emergencia y los planes de recuperación mitigaron los impactos de estas múltiples crisis en los resultados socioeconómicos. Solo se está logrando un progreso limitado en los objetivos ambientales y de biodiversidad, incluido la MDS 12 (Consumo y producción responsables), la MDS 13 (Acción climática), la MDS 14 (Vida debajo del agua) y la MDS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), incluso en países que son en gran parte culpables de las crisis climáticas y de biodiversidad. Las interrupciones causadas por estas múltiples crisis han registrado problemas de espacio fiscal en los países de ingresos bajos (LIC) y en los países de ingresos medianos bajos (LMIC), lo que ha llevado a un retroceso en el progreso de varios objetivos e indicadores. A pesar de este desarrollo alarmante, las MDS aún son alcanzables.

3.3 Algunas Críticas a las MDS

Para algunos autores, la vía para cuantificar y monitorear las MDS es problemática. Se requiere una comprensión profunda del desarrollo sostenible, compromiso y capacidad para poner en práctica e implementar las MDS multidimensionales, el acceso a todas las formas de datos y la experiencia para analizar e interpretar los resultados. Además, existe un permanente conflicto inherente entre el desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad ecológica, lo que dificulta determinar la estrategia más eficaz para crear un desarrollo sostenible.

La base teórica de las MDS es débil y no existe todavía una teoría integral del desarrollo sostenible. Las MDS proporcionan una lista de objetivos, sin prioridades claras y sin teoría sobre cómo se pueden alcanzar estos objetivos. Sin embargo, con base en enfoques de análisis factorial confirmatorio y exploratorio, sobre los datos de 117 países para 51 objetivos incluidos en las MDS, Bali Swain y Yang-Wallentin (2020) sugieren que, si bien los tres factores: económico, social y ambiental, son fundamentales para el desarrollo sostenible, los países en desarrollo deberían centrar sus recursos y políticas a corto plazo en el crecimiento económico y el desarrollo social. Los recursos son limitados y las MDS están llenas de desequilibrios e inconsistencias. Por lo tanto, la política estratégica centrada en el desarrollo socioeconómico en los países en vías de desarrollo puede ser una política exitosa a corto plazo para lograr el desarrollo sostenible. Dada la urgencia de responder de manera efectiva a estos desafíos, dichos resultados pueden sugerir que los países en vías de desarrollo deben continuar con la agenda de los ODM de centrarse en el desarrollo socioeconómico a corto plazo para crear un mayor impacto en su desarrollo sostenible, dado sus escasos recursos y limitaciones estructurales. Estos resultados concuerdan con la literatura que visualiza las MDS como un conjunto interrelacionado de políticas con compensaciones y sinergias. Mantener el impulso de la agenda de las MDS en el corto plazo no debería implicar que se ignore el medio ambiente. Por el contrario, las sinergias, las compensaciones y los vínculos entre las MDS pueden aprovecharse mejor para lograr el desarrollo sostenible, centrándose en los factores económicos y sociales en los países en desarrollo.

En la actualidad existe una abundante literatura, tal como se ilustró al principio de este capítulo, generada por académicos, profesionales expertos en el tema y funcionarios de numerosas organizaciones relacionadas con el desarrollo sostenible y su la implantación de las MDS. Una revisión somera de la misma denota diversas posiciones ideológicas y pragmáticas en torno a su

puesta hasta el 2030, cuando serán objeto de evaluación. En tanto que el propósito de este libro es contribuir con la difusión y el aprendizaje de los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible, no se incluyen los debates y controversias que han surgido en torno a la pertinencia y suficiencia de las metas y los objetivos implícitos en cada una de ellas, lo que queda en el interés e iniciativa de los lectores acuciosos.

CAPÍTULO 4: LOS INDICADORES DE LA SOSTENIBILIDAD

Ante el carácter difuso y complejo que caracteriza el proceso de DS, se reconoce la necesidad de contar con indicadores que permitan su medición y evaluación. Sin embargo, dada la complejidad del proceso y sus diferentes componentes y escalas, no existe todavía un indicador preciso y confiable que permita evaluar el DS de manera integral.

Existen numerosas definiciones de indicadores. En términos generales, un indicador puede ser una señal, un síntoma, una pista, un grado, un rango, un objeto, un organismo o una advertencia de algún tipo. En un sentido más restringido, como suele usarse en la literatura científica, un indicador se refiere a una variable o un conjunto de múltiples variables relacionadas cuyos valores pueden proporcionar información sobre las condiciones o trayectorias de un sistema o fenómeno de interés. En otras palabras, un indicador es simplemente “una representación operativa de un atributo (cualidad, característica, propiedad) de un sistema” (Wu y Wu, 2012).

A lo largo de los años, se han utilizado diversos indicadores que Ness *et al.* (2007) han agrupado en tres categorías principales:

- *Indicadores e índices individuales o integrados, que cuantifican algunos aspectos (sociales, económicos o ambientales) o la agregación de los mismos.* Se caracterizan por su simplicidad, amplio alcance y continuidad, pues son indicadores retrospectivos de tendencias durante períodos finitos (años, quinquenios, décadas). Entre éstos destacan la huella ecológica y los índices de bienestar, sostenibilidad ambiental y desarrollo humano.
- *Valoraciones relacionadas con los productos, enfocados en los flujos de materia y/o energía desde la perspectiva de los ciclos de vida de productos y servicios.* Entre éstos se encuentran la evaluación del ciclo de vida, el costo del ciclo de vida, el análisis de flujo material de productos, el análisis de energía/producto.
- *Herramientas de evaluación integral, en el ámbito de las políticas e implantación de programas/proyectos.* Los más utilizados son los análisis multicriterio, costo-beneficio, análisis de riesgo y vulnerabilidad, evaluación de impacto y evaluaciones monetarias (de precios, de ingresos, de transporte y de reposición).

4.1 Las dificultades en la medición y la evaluación de las MDS

Para evidenciar la complejidad de las mediciones e indicadores necesarios para la evaluación del DS, y sin menoscabo de lo expuesto anteriormente, se reseña con detalle el trabajo de Shaker (2018), quien considera que las iniciativas de medición del desarrollo sostenible han llegado a tal volumen que quizás se justifica una revolución del índice de desarrollo sostenible. Ante la profusión de indicadores y medidas relacionadas con el desarrollo sostenible, es evidente que la mayoría responde a contextos y realidades específicas, por lo que elegir indicadores de sustentabilidad apropiados puede ser complicado y erróneo, porque cada uno esconde las ventajas, desventajas y problemas para su aplicabilidad y uso. La selección de criterios e indicadores de sostenibilidad adecuados es una decisión técnica y normativa guiada más por lo que se *puede* medir (una cuestión técnica), que por lo que se *debe* medir (una cuestión normativa).

En este sentido, medir el progreso hacia la sustentabilidad ahora se parece más a una verdadera contabilidad de costos que a herramientas de empleo rápido útiles, tanto para el mundo desarrollado como para el mundo en desarrollo. Aunque el acceso y la calidad de los datos continúan mejorando, sigue existiendo la necesidad de indicadores que sean precisos, fáciles de entender y utilizables en distintas escalas espaciales y temporales. Por lo tanto, se justifica un tiempo de autorreflexión disciplinaria para los indicadores de sostenibilidad, una revolución constructiva del índice de desarrollo sostenible que permitiría a los científicos de la sostenibilidad convertir índices complejos en herramientas simples y significativas para poner en práctica la planificación y la formulación de políticas de desarrollo. En este contexto, Shaker (2018) realizó un análisis con datos de 30 países occidentales, con el objetivo de intentar crear el primer mega-índice de desarrollo sostenible (MISD), y así de mejorar la capacidad de la humanidad para calcular el progreso hacia la sostenibilidad a través de un enfoque inductivo.

Al hacerlo, seleccionó los 31 índices más comúnmente usados en los países bajo estudio, los cuales se redujeron, a través de un análisis factorial, a siete dimensiones subyacentes del desarrollo sostenible, luego se normalizaron de 0 a 100 y se agregaron por su media geométrica. Los 31 Índices seleccionados para el análisis, a partir de más de un centenar de opciones, se muestran en el Tabla 2. (Shaker, 2018).

Tabla 2.

Indicadores seleccionados para el estudio de Shaker (2018)

Indicadores seleccionados para el estudio de Shaker	
*Índice de desarrollo infantil	*Indicador de salud infantil
*Índice de percepción de la corrupción	*Índice de democracia
*Índice de huella ecológica	*Índice de vulnerabilidad económica
*Índice de educación	*Índice de desempeño ambiental
*Índice de estrés ambiental	*Índice de sostenibilidad ambiental
*Índice de vulnerabilidad ambiental	*Índice de bienestar del ecosistema
*Producto interno bruto	*Índice de paz global
*Índice de desarrollo humano	*Índice del planeta feliz
*Índice de bienestar humano	*Índice de libertad económica
*Índice de desarrollo sostenible humano	*Índice de esperanza de vida
*Índice de economía del conocimiento	*Índice de riesgo mundial
*Indicador de protección de recursos naturales	*Índice de prosperidad de Legatum
*Índice de brecha de pobreza	*Índice de progreso social
*Índice de objetivos de desarrollo sostenible	*Índice de donaciones mundiales
*Índice de sociedad sostenible	*Coeficiente del instituto de redes de información global
*Índice de iniciativa de adaptación global de Notre Dame	

Las siete dimensiones subyacentes se articularon subjetivamente como: (1) sinergias de bienestar socioeconómico; (2) libertad económica y democracia; (3) felicidad ambientalmente eficiente; (4) bienestar del ecosistema; (5) equilibrio entre paz y vulnerabilidad económica; (6) protección de los recursos naturales; y (7) administración ambiental y resiliencia al riesgo. En general, este estudio encontró que los temas socioeconómicos subyacentes de la sustentabilidad

eclipsaban los temas ambientales, lo que significa una mayor necesidad de indicadores biogeofísicos (espaciales y temporales) más simples, precisos y sin escala. Utilizando la correlación de Pearson y la regresión bivariada de mínimos cuadrados ordinarios, se exploraron 11 indicadores comunes de desarrollo con respecto a la colinealidad y el poder explicativo de las dimensiones de desarrollo. En resumen, los países ganadores se caracterizaron por una baja densidad de población, más bosques, menos áreas urbanas y un área rural más grande. La evidencia presentada es suficiente para sugerir que solo unos pocos indicadores comunes y de libre acceso podrían eventualmente capturar todas las dimensiones actuales del desarrollo sostenible mediante un mega índice. Sin embargo, sería incorrecto suponer que los 11 indicadores comunes y de libre acceso elegidos para este estudio lo abarcan todo; también se deben investigar otros indicadores que cruzan fácilmente las escalas espaciales y temporales. Shaker (2018) concluye que la creación de, si se pudiese lograr, un mega índice serviría como un importante trampolín científico para mejorar la precisión y simplificar las valoraciones del desarrollo sostenible, por lo que otros deberían seguirlo.

La tendencia reciente es la utilización combinada de indicadores, buscando instrumentos que permitan valorar integralmente la integración naturaleza-sociedad, la dimensión temporal y la espacial. Como las mediciones de los índices dependen esencialmente de las estadísticas nacionales de cada país, y los institutos encargados de coleccionar y sistematizar varían considerablemente de uno a otro, resulta desafiante lograr series de datos uniformes y homogéneos que puedan agregarse y representar las tendencias reales de los fenómenos o procesos bajo análisis (ONU, 2022) La consideración detallada de estos indicadores escapa a los propósitos de este texto, pero es conveniente revisar uno de los que es más frecuentemente utilizado: la Huella Ecológica.

4.2 La Huella Ecológica

La huella ecológica es un índice ambiental de carácter integrador del impacto ejercido por una comunidad humana, ciudad, región o país sobre su entorno. Wackernagel y Rees (2001) definieron la huella ecológica (en inglés, *footprint* o *ecological footprint*) como el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para generar los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico indefinidamente, donde sea que se encuentre esta área. El éxito de este índice se basa en su sencillez, lo que lo hace fácilmente asimilable por el gran público. Su valor clarificador y su potencial didáctico, hacen de la huella ecológica una referencia clave para todos los que se preocupan por la sostenibilidad.

La diferencia entre el área disponible (capacidad de carga) y el área consumida (huella ecológica) en un lugar determinado es el déficit ecológico. Este pone de manifiesto la sobreexplotación del CN y la incapacidad de regeneración tanto a nivel global como local. La huella ecológica, quizás por su simplicidad, presenta algunas limitaciones, pero éstas no hacen más que subestimar el impacto real del hombre sobre la Tierra, y sobreestimar la biocapacidad de la naturaleza. Mientras que el índice expresado en hectáreas es más limitado a la hora de establecer comparaciones, el índice en hectáreas por habitante refleja mejor nuestro nivel de consumo e impacto sobre la Tierra. Este índice se ha convertido en la medida más importante del mundo para analizar y evaluar la demanda de la humanidad sobre la naturaleza. La huella ecológica es un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana país, región o ciudad– sobre su entorno, considerando tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento del modelo de producción y consumo de la comunidad.

La metodología de cálculo consiste en contabilizar el consumo de las diferentes categorías y transformarlo en la superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad. Habitualmente se diferencian cinco categorías de consumo (dentro de las que se pueden hacer las subdivisiones que se quieran): alimentación, vivienda, transporte, bienes de consumo y servicios. Por lo que respecta a la superficie biológica productiva, las categorías son: cultivos, pastos, bosques, mar productivo, terreno construido y área de absorción de dióxido de carbono. La huella ecológica se expresa como la superficie necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano medio de una determinada comunidad humana, así como la necesaria para absorber los residuos que genera, independientemente de la localización de estas áreas (Tabla 3). Esto incluye las áreas de producción de los recursos que consume, el espacio para el alojamiento de sus edificios y carreteras y los ecosistemas requeridos para absorber las emisiones de desechos, como por ejemplo el dióxido de carbono.

Tabla 3.

Clases de superficies consideradas en el cálculo de la huella ecológica

Cultivos	Superficies con actividad agrícola y que constituyen la tierra más productiva ecológicamente hablando pues es donde hay una mayor producción neta de biomasa utilizable por las comunidades humanas.
Pastos	Espacios utilizados para el pastoreo de ganado, y en general considerablemente menos productiva que la agrícola.
Bosques	Superficies forestales ya sean naturales o repobladas, pero siempre que se encuentren en explotación.
Zonas pesqueras	Superficies marinas en las que existe una producción biológica mínima para que pueda ser aprovechada por la sociedad humana.
Superficie urbana	Considera las áreas urbanizadas u ocupadas por infraestructuras
Área de absorción de CO₂	Superficies de bosque necesarias para la absorción de la emisión de CO ₂ debido al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía.

Fuente: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_science_introduction/

También se toma en cuenta la oferta de recursos naturales o biocapacidad, referida a la cantidad de área biológicamente productiva disponible para prestar estos servicios. La medida puede realizarse a muy diferentes escalas: individuo (la huella ecológica de una persona), poblaciones (la huella ecológica de una ciudad, de una región, de un país), comunidades (la huella ecológica de las sociedades agrícolas, de las sociedades industrializadas).

Un elemento complementario es el análisis del conjunto de actividades humanas y las demandas de superficie (huellas ecológicas) asociadas a cada una de ellas. Para ello se pueden establecer las categorías generales que se muestran en el Tabla 4. La consideración de estas categorías de actividades nos permite analizar la huella ecológica a partir de los sectores demandantes de superficies, pudiendo evaluar así en que ámbitos puede ser más prioritario incidir.

El objetivo fundamental de calcular las huellas ecológicas es evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y compararlo con la biocapacidad del planeta. La biocapacidad es una medida del área biológicamente productiva existente, capaz de regenerar los recursos naturales bajo la forma de alimentos, fibra y madera, y de secuestrar dióxido de carbono.

Tabla 4.

Tipología de actividades vinculadas a la huella ecológica

Alimentación	Superficies necesarias para la producción de alimentación vegetal o animal, incluyendo los costes energéticos asociados a su producción
Vivienda y servicios	Superficies demandadas por el sector doméstico y servicios, sea en forma de energía o terrenos ocupados.
Movilidad y Transportes	Superficies asociadas al consumo energético y terrenos ocupados por infraestructuras de comunicación y transporte.
Bienes de consumo	Superficies necesarias para la producción de bienes de consumo, sea en forma de energía y materias primas para su producción, o bien terrenos ocupados para la actividad industrial.

Fuente: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_science_introduction/

Esta medida se efectúa teniendo en cuenta cinco categorías: campos de cultivo, tierras de pastoreo, zonas de pesca, tierras de bosques y tierra urbanizada. Juntas, satisfacen la demanda humana contemplada en las categorías de la Huella. Consecuentemente, es un indicador clave para la sostenibilidad. Concebida en 1990 por Mathis Wackernagel y William Rees, de la Universidad de British Columbia, la huella ecológica es ahora de uso generalizado por los científicos, empresas, gobiernos, agencias, individuos e instituciones que trabajan para controlar el uso de los recursos ecológicos y promover el desarrollo sostenible.

La Huella Ecológica está generada por los hábitos de los consumidores y la eficiencia con la que se utilizan los bienes y servicios. El creciente déficit de biocapacidad, producido cuando una población utiliza más biocapacidad de la que puede aportarse y regenerarse en un año, está provocado por la combinación de las altas tasas de consumo, que están aumentando más rápido que las mejoras en eficiencia (al crecer la huella de las personas), y las poblaciones, que crecen más rápido que la capacidad de la biosfera (produciendo un descenso de la biocapacidad por persona) (WWF, 2016).

Desde principios de la década de los años setenta del siglo XX, los seres humanos demandamos más de lo que el planeta puede reponer, es decir, tenemos un sobregiro ecológico. Con el desarrollo de la tecnología y los cambios en las prácticas de uso de la tierra, la biocapacidad ha aumentado cerca del 27 por ciento en los últimos 50 años. Pero no ha mantenido el ritmo del consumo humano: la Huella Ecológica¹⁶ de la humanidad ha aumentado casi 190 por ciento durante el mismo período. (WWF, 2018).

En la dimensión poblacional global, la huella ecológica se ha modificado de manera significativa a lo largo del tiempo, como se ilustra en la Figura 8, donde se observan los cambios en el índice de 1961 a 2018. El valor de la huella ecológica registra que la humanidad está sobreexplotando nuestro planeta al menos a 75 %, equivalente a vivir en 1,75 planetas Tierra. Tal exceso está deteriorando gravemente la salud del planeta y, con ello, las propias perspectivas de futuro de la humanidad. (WWF, 2022).

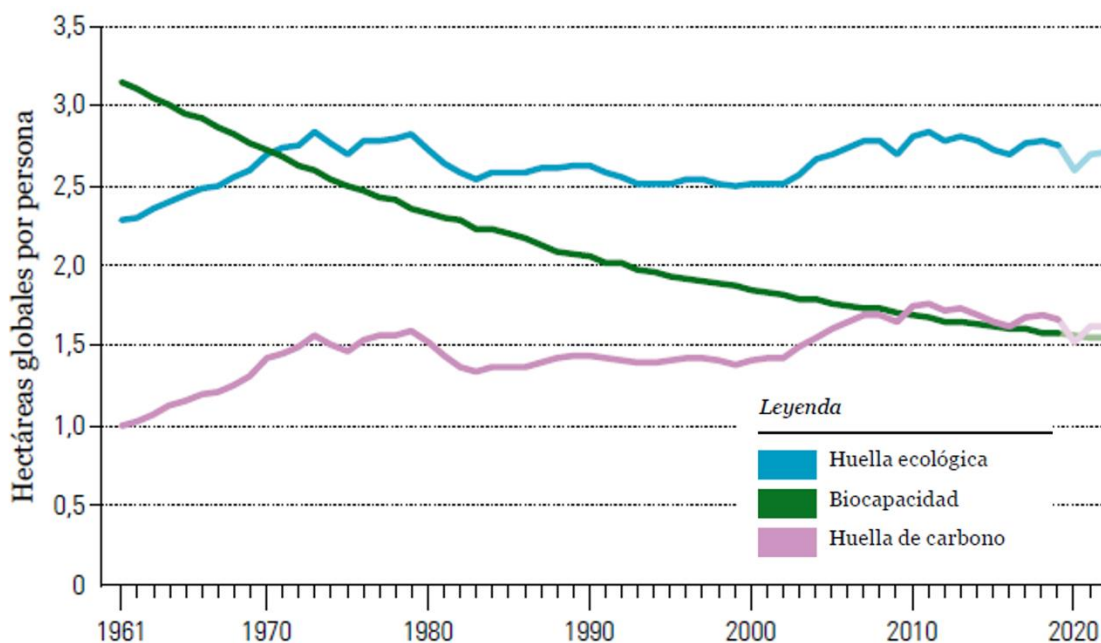
Siguiendo el enfoque de la huella ecológica, se han desarrollado los conceptos de huella del carbono, del agua, de la construcción, de los bosques y agrícola. La **huella del carbono** se refiere a la cantidad neta de gases de efecto invernadero emitidos por un producto, un individuo, una organización o una nación en un período de un año, y da una idea de cuánto contamina un

¹⁶ Mayor información sobre el concepto de la huella ecológica y su metodología puede verse en el sitio: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_science_introduction/

producto, individuo u organización. Se expresa en toneladas de CO₂ equivalente. El concepto de la huella de carbono ha captado el interés en el campo de los negocios, de los consumidores y también de los formuladores de políticas. Muchos negocios consideran la huella de carbono de sus clientes como un indicador de riesgo de inversión.

Figura 8.

Tendencias de la huella ecológica entre 1961 y 2018, de acuerdo con los componentes de los ecosistemas en el ámbito global



Fuente: WWF (2022)

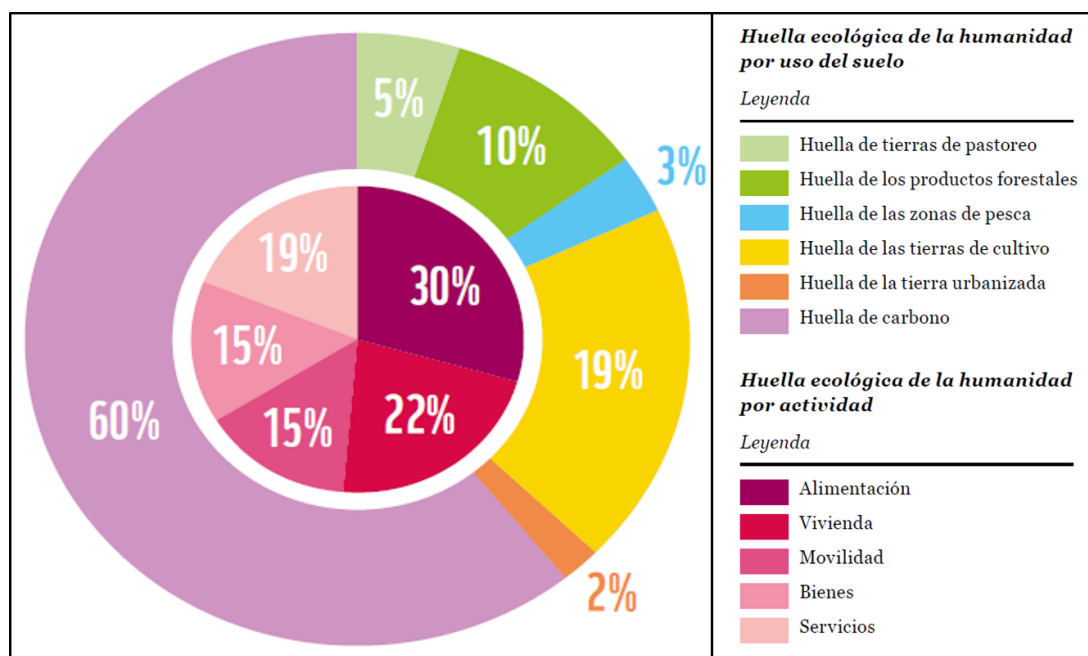
De allí que conocer la huella de carbono de un producto u organización y poder certificarla de acuerdo con los estándares internacionales, se ha convertido en una estrategia no sólo de protección del ambiente sino de competitividad de mercado.

La huella ecológica desagregada por el uso del suelo y por actividad se puede visualizar en la Figura 9. Destaca la proporción de la huella ecológica del CO₂, así como la correspondiente a los componentes de uso de la tierra (agrícola, pastos, bosques).

De otra parte, Hoekstra y Mekonnen (2012) definieron y desarrollaron una herramienta que calcula el consumo directo e indirecto de agua por parte de un consumidor o un productor a la que llamaron **Huella Hídrica** también conocida como huella hidrológica. Aunque el concepto fue formulado inicialmente en 2002 por el primero de los autores.

Figura 9.

Huella ecológica de la humanidad por uso del suelo y por actividad. En 2020, la huella ecológica media mundial ascendía a 2,5 hectáreas globales por persona, frente a una biocapacidad de 1,6 hectáreas globales por persona. La huella ecológica se puede desglosar por categorías de uso del suelo (círculo exterior) o por actividades humanas (círculo interior), si usamos las Evaluaciones Multirregionales de Insumos y Productos.



Fuente: WWF (2022)

La huella hídrica o hidrológica cuantifica el volumen total de agua consumida y/o contaminada por unidad de tiempo que se usa para producir un bien o un servicio, que consume un individuo, una comunidad o una fábrica. Este modo de cálculo nos indica, por ejemplo, que tomar un pocillo de café equivale a consumir 140 L de agua o que comer 1 kg de asado representa tomar 16.000 L de agua, porque se tiene en cuenta toda el agua utilizada en los procesos involucrados en la cadena de suministro del producto. Entre los países que se encuentran comprometidos en reducir sus huellas se puede mencionar Holanda, Francia, Australia, Canadá, Nueva Zelanda, entre otros.

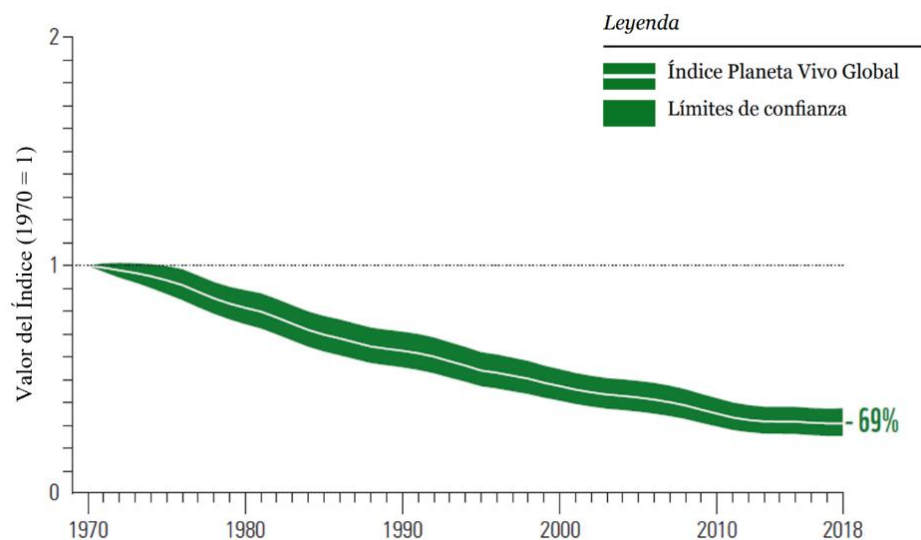
La huella hídrica está compuesta por tres tipos de uso del agua, conocidos como huella hídrica azul, verde y gris. La huella hídrica verde es el volumen de aguas pluviales almacenado en el suelo que se evapora de los campos de cultivos. La huella hídrica azul es el volumen de agua dulce extraído de los cuerpos de agua, que es utilizado y no devuelto. Esta huella está

representada principalmente por la evaporación del agua de regadío de los campos de cultivo. La huella hídrica gris es el volumen de agua contaminada como resultado de los procesos de producción. Se calcula como el volumen de agua requerido para diluir los contaminantes a tal concentración que la calidad del agua alcance estándares aceptables. Hoekstra y Wiedmann (2014) calculan de manera similar la huella del fósforo, del nitrógeno reactivo y de la biodiversidad. También es posible calcular la huella ecológica de una empresa, de una ciudad y la huella de cada individuo, pudiéndose derivar una huella ecológica per cápita, en función de los patrones de consumo y de los diferentes componentes de las cadenas de suministro que elaboran y colocan los productos en manos del consumidor, esto es, de la intensidad de uso o desperdicio de los recursos naturales para la generación de una unidad de producto consumido.

La tendencia de la huella ecológica global, en términos de la biodiversidad silvestre, reflejada en el Índice Planeta Vivo¹⁷ calculado por el Fondo Mundial para la naturaleza (WWF, 2022), entre 1970 y 2018 se puede apreciar en la Figura 10. El Índice Planeta Vivo global 2022 muestra una disminución media de 69% en las poblaciones de animales salvajes entre 1970 y 2018 (límites de confianza: -63 % a -75 %).

Figura 10.

El Índice Planeta Vivo global (1970 a 2018). La abundancia relativa media de 31.821 poblaciones de 5.230 especies monitoreadas en todo el planeta ha disminuido un 69%.



Fuente: WWF (2022)

¹⁷ El Índice Planeta Vivo (IPV) es un indicador del estado de la biodiversidad global y de la salud de nuestro planeta, elaborado por el WWF.

Igualmente, la huella ecológica causada por la pérdida y desperdicio de los alimentos está siendo en la actualidad objeto de numerosos análisis, pues poco más de la tercera parte de los alimentos producidos en el mundo se pierde o es desperdiciado, con un costo superior 1.200 millones de dólares (US\$). Los alimentos que se pierden después de la cosecha, o que se desperdician a lo largo de la cadena de distribución y consumo es decir, el despilfarro de alimentos dan origen a un doble impacto ambiental adverso, el cual se traduce en una presión indebida sobre los recursos naturales y los servicios ecosistémicos y ocasiona contaminación por el efecto de los descartes alimentarios, además de las pérdidas implícitas en las huellas de carbono e hídricas generadas durante el proceso de producción de lo que luego se perderá o desperdiciará (FAO, 2019).

CAPÍTULO 5: PERSPECTIVAS SOSTENIBLES DE LA BIODIVERSIDAD, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AGRICULTURA

5.1 La biodiversidad y la sostenibilidad¹⁸

Los servicios del ecosistema aprovechables por el hombre se apoyan en la biodiversidad y las redes que emergen de las interacciones entre las especies, especialmente las redes alimentarias. El flujo de energía y el reciclaje de nutrientes se materializan a través de la vida y muerte de la infinitud de especies que componen la biodiversidad.

Como lo señalamos en el capítulo II, los servicios del ecosistema son base esencial para lograr la sostenibilidad. Estas funciones ecosistémicas se refieren a los procesos esenciales de producción y descomposición de biomasa, en una compleja cadena de interacciones, mediante el flujo de energía y el reciclaje de la materia, incluyendo plantas, animales y microorganismos, a la vez que participando activamente en los ciclos biogeoquímicos esenciales para la vida.

La biodiversidad es el recurso más valioso de nuestro planeta y junto con los recursos de suelos y agua, constituyen el capital natural que sirve de soporte el desarrollo sostenible. Y si no hay cambios en el patrón y eficiencia de uso de estos recursos, estamos a punto de perder la mayor parte de la biodiversidad y los ecosistemas mismos. Durante el siglo XXI, como resultado de un efecto combinado de las presiones de la contaminación, las alteraciones humanas y el cambio climático, la mayoría de los expertos han advertido que se podría perder la mitad de todas las especies que habitan nuestro planeta a finales de este siglo (Thonicke, Rahner, Arneth, *et al.*, 2022).

Cada organismo tiene un papel específico que desempeñar en los complejos ecosistemas de la Tierra que han alcanzado el equilibrio a través de millones de años. En la actualidad, muchos de estos ecosistemas están al borde del colapso, con consecuencias a menudo desconocidas para los humanos, tal y como lo señala la Convención de Biodiversidad Biológica, cuando reconoce que el ritmo de pérdida de la biodiversidad no ha disminuido y que no se lograron cumplir las metas planteadas para el 2010. El impacto del hombre y la tecnología se ha hecho sentir con

¹⁸ Este epígrafe se basa parcialmente en una síntesis de las principales ideas expuestas en el libro: *La Biodiversidad: conceptos, estatus actual y amenazas* (Romero S. y Pérez A., 2023), a ser publicado próximamente por la Editorial de la Universidad ECOTEC.

mucha mayor intensidad sobre los ecosistemas y su biodiversidad, afectando negativamente el sistema climático global, el equilibrio y la estabilidad de los procesos biogeoquímicos y energéticos y las funciones esenciales de los ecosistemas.

La biodiversidad abarca más que una simple variación en apariencia y composición. Incluye la diversidad en abundancia (como el número de genes, individuos, poblaciones o hábitats en una ubicación en particular), distribución (a través de las diferentes ubicaciones y a lo largo del tiempo) y comportamiento; inclusive las interacciones entre los componentes de la biodiversidad, como por ejemplo entre las especies de polinizadores y las plantas o entre los depredadores y sus presas (Thonicke, Rahner, Arneth, *et al.*, 2022).

Estamos transitando a través de una ola global de pérdida de biodiversidad impulsada antropogénicamente: la extirpación de especies y poblaciones, y lo que es más importante, la disminución de la abundancia de especies locales. En particular, los impactos humanos sobre la biodiversidad animal son una forma poco reconocida de cambio ambiental mundial. Entre los vertebrados terrestres, 322 especies se extinguieron desde el año 1500, y las poblaciones de las especies restantes muestran una disminución media de 25% en su abundancia.

El informe de la Plataforma Internacional sobre la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (IPBES, 2019), en su análisis sobre las implicaciones de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como soportes esenciales para la sostenibilidad, señala entre sus principales conclusiones, las que se exponen a continuación.

- *La naturaleza y sus contribuciones fundamentales a las personas, que en conjunto incorporan la diversidad biológica y los servicios y funciones de los ecosistemas, se deterioran en todo el mundo.*
- *La biodiversidad contribuye directamente (mediante el suministro, la regulación y los servicios ecosistémicos culturales) e indirectamente (mediante el apoyo a los servicios ecosistémicos) a muchos componentes del bienestar humano, incluida la seguridad, el material básico para una buena vida, la salud, la recreación, las buenas relaciones sociales y la libertad de expresión, elección y acción. Muchas personas se han beneficiado durante el último siglo de la conversión de ecosistemas naturales a ecosistemas dominados por humanos y la explotación de la biodiversidad.*
- *La diversidad biológica –la diversidad dentro de las especies, entre especies y la diversidad de los ecosistemas– está disminuyendo a un ritmo más rápido que nunca antes en la historia humana.*

- Hoy más que nunca *un mayor número de especies están en peligro de extinción a nivel mundial como resultado de las acciones de los seres humanos*. En promedio, *alrededor de 25 % de las especies de grupos de animales y plantas evaluados están amenazadas, lo cual hace pensar que alrededor de un millón de especies ya están en peligro de extinción*. El tamaño de las poblaciones de especies silvestres de vertebrados tendió a disminuir en los últimos 50 años en la tierra, el agua dulce y el mar.
- Actualmente, *la degradación de la tierra ha reducido la productividad en 23 % de la superficie terrestre mundial, y la pérdida de polinizadores pone en peligro la producción anual de cultivos a nivel mundial por valor de entre 235.000 millones y 577.000 millones de dólares*. Además, la pérdida de los hábitats costeros y los arrecifes de coral reduce la protección de las costas, lo cual aumenta el riesgo de inundaciones y huracanes que impactan la vida y los bienes de entre 100 a 300 millones de personas que viven en zonas costeras potencialmente inundables. La expansión agrícola es la forma de cambio de uso de la tierra más extendida: más de un tercio de la superficie terrestre se utiliza para el cultivo o la ganadería. Esta expansión, junto con la duplicación de las zonas urbanas desde 1992 y la proliferación sin precedentes de infraestructuras vinculadas al crecimiento de la población y el consumo, se ha producido principalmente a expensas de los bosques (primordialmente bosques tropicales de edad madura), los humedales y las praderas.
- *Los impulsores directos más importantes de la pérdida de biodiversidad y el cambio en los servicios de los ecosistemas son: el cambio de hábitat, el cambio en el uso de la tierra, la modificación física de los ríos o la extracción de agua de los ríos, la pérdida de los arrecifes de coral y el daño a los fondos marinos debido a la pesca de arrastre, el cambio climático, la invasión de especies exóticas, la sobreexplotación de especies y la contaminación*. Ha emergido un nuevo paradigma cada vez más determinante en la evolución de las ciencias ecológicas, que considera a la biodiversidad como el factor que gobierna el funcionamiento y los procesos de los ecosistemas, por lo que es necesario integrar conocimientos que permitan dilucidar con mayor certeza la interacción entre los factores bióticos y abióticos y el desempeño ecosistémico.
- *Es posible conservar, restaurar y usar la naturaleza de manera sostenible a la vez que se alcanzan otras metas sociales mundiales si se emprenden con urgencia iniciativas coordinadas que promuevan un cambio transformador*. Tales metas sociales incluidas las relativas a la alimentación, la energía, la salud y el logro del bienestar humano para todos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos y la conservación y el uso

sostenible de la naturaleza pueden alcanzarse mediante vías sostenibles si los instrumentos normativos existentes se utilizan de manera rápida y mejorada y se promueven iniciativas nuevas que sean más eficaces en concitar el apoyo individual y colectivo para impulsar el cambio transformador. *Las trayectorias actuales no permiten alcanzar los objetivos para conservar y utilizar de manera sostenible la naturaleza, ni lograr la sostenibilidad, y los objetivos para 2030 en adelante solo serán factibles mediante cambios transformadores en las esferas económica, social, política y tecnológica.* (IPBES, 2019).

Algunos expertos han llamado la atención alrededor de la adecuación de las MDS de la ONU y sus indicadores con la realidad imperante en muchos países y regiones. Zeng, Maxwell, Runting, *et al.* (2020) alertan que, a pesar de los grandes avances para abordar los problemas sociales y económicos, el mundo continúa enfrentando una crisis ambiental y de biodiversidad, sin precedentes, con más de 6.000 especies amenazadas por sobreexplotación y más de 230 millones de hectáreas de bosque perdidas desde 2000. Con el fin de integrar la protección de la naturaleza en el ámbito más amplio de desarrollo humano, los metas del desarrollo sostenible promulgadas por la ONU se establecieron como modelo para un futuro más sostenible para todos. Estos autores compararon metódicamente los indicadores de las Metas de Desarrollo Sostenible con un conjunto de medidas externas aplicadas por muchos países, demostrando que, si bien la mayoría de los países están progresando bien hacia los ODS ambientales, ello tiene poca relación con la conservación real de la biodiversidad y, en cambio, representa mejor el desarrollo socioeconómico. Si esto continúa, es probable que los ODS sirvan como una cortina de humo para una mayor destrucción ambiental a lo largo de la década.

En general, Zeng, Maxwell, Runting, *et al.* (2020) reportan que de los 247 indicadores de los ODS prescritos por el Grupo Interinstitucional y de Expertos sobre Indicadores de las Metas de Desarrollo Sostenible (IAEG-SDG), 101 indicadores estaban relacionados con el medio ambiente según la descripción de sus metas. Estos incluían indicadores repetidos correspondientes a diferentes objetivos. Aunque 26 indicadores poseían datos insuficientes para el análisis, los 75 indicadores restantes sugieren un desempeño de referencia global relativamente alto hacia los objetivos ambientales. Esta tendencia positiva, que, probablemente debido a nuestro enfoque específico de país, contrasta con otras evaluaciones regionales y globales, es evidente en todos las MDS que poseen al menos un indicador en el que la mayoría

de los países se desempeñaron cerca de la meta asociada, aparte del MDS 2, acabar con el hambre. Sin embargo, a nivel mundial, se sabe que las amenazas a la naturaleza se han acelerado en los últimos 50 años, lo que ha provocado cambios en más de 75% de la superficie terrestre y la disminución de la población en más de 1 millón de especies.

Dado que se espera que las tasas ya crecientes de eventos climáticos extremos y las amenazas asociadas con la creciente población humana continúen empeorando en los próximos años, es clara la discrepancia entre estas tendencias y los resultados de los indicadores prescritos de las MDS relacionadas con el medio ambiente (incluyendo la biodiversidad). Este desajuste es evidente en nuestros resultados, con solo ~7% de correlaciones entre los indicadores de los ODS y los indicadores externos de biodiversidad y protección ambiental que son significativamente positivas ($P < 0,05$). En cambio, una gran proporción (~14%) de estas asociaciones son negativas ($P < 0,05$) y la mayoría (~78%) no son significativas, lo que sugiere que muchos de estos indicadores no reflejan adecuadamente el progreso hacia las metas de conservación ambiental.

En el mismo orden de ideas, Dickens, McCartney, Tickner, *et al.* (2020), al comparar diversos marcos de evaluación nacionales dentro de la Unión Europea, con las MDS de la ONU, llegan a conclusiones similares, en cuanto que identifican dos debilidades principales y estas son: (1) que la salud o el estado de los ecosistemas terrestres, acuáticos y aéreos no se incluyen salvo en unos pocos casos parciales; y (2) la biodiversidad no está incluida de forma integral y los indicadores provistos no son capaces de proporcionar una evaluación completa. Estas dos debilidades representan un desafío para la evaluación de la sostenibilidad en su conjunto, y revelan que los ODS no han asumido plenamente el valor de los ecosistemas y la biodiversidad en la evaluación de la sostenibilidad.

5.2 Impacto del cambio climático en la Sostenibilidad¹⁹

La comprensión precisa del concepto y los procesos relacionados con el cambio climático requiere del conocimiento de los ciclos biogeoquímicos de la biósfera, que condicionan los procesos fundamentales de la vida. En términos sencillos, el cambio climático que nos afecta en la actualidad es simplemente la consecuencia de la alteración de dichos ciclos y sus efectos en el funcionamiento y procesos de la multitud de ecosistemas que se integran para conformar la biósfera. Debe recordarse que los ciclos biogeoquímicos son procesos complejos y caóticos, los

¹⁹ La información contenida en este epígrafe es derivada parcialmente de lo expuesto en el libro "Fundamentos básicos sobre el Cambio Climático: conceptos, causas y consecuencias" (Pérez A. y Romero S., 2023), a ser publicado próximamente por la editorial de la universidad ECOTEC

cuales, por la propiedad de los sistemas complejos adaptativos, tienden a un estado de orden o equilibrio estacionario en el espacio y en el tiempo. Ello ocurre siempre y cuando la magnitud y fluctuaciones de la multitud de variables que determinan los cambios se mantengan en rangos dentro de los cuales la capacidad amortiguadora del sistema pueda regular tales variaciones, sin que ocurran cambios en el funcionamiento y procesos de los ciclos del carbono, nitrógeno, oxígeno y agua, principalmente.

El efecto invernadero, fenómeno que hace posible la existencia de una atmósfera con una temperatura adecuada para la vida, está sufriendo graves alteraciones causadas por la creciente emisión de CO₂ y otros gases desde hace 250 años, *modificando la composición de la atmósfera, al mismo tiempo que se atrapa la radiación infrarroja y provocando el incremento progresivo de la temperatura atmosférica*. El resultado final es lo que conocemos como *cambio climático*.

A lo largo de este libro se han reiterado los principios fundamentales de la sostenibilidad: valorar y respetar el capital natural que la biosfera representa: los suelos, las aguas, los recursos minerales, la biodiversidad (de la cual somo parte, por cierto) que se sustenta y funciona en sincronía y equilibrio con todos ellos dentro de los ecosistemas, asegurando su perpetuación para las generaciones futuras a través de los complejos sistemas socio-ecológicos que constituimos al unísono. Pero los componentes abióticos de los ecosistemas muchas veces escapan del dominio de los regímenes socio-ecológicos, pues responden más a las pautas de los ciclos biogeoquímicos globales del agua, carbono, oxígeno y nitrógeno que gobiernan la biosfera. Y es precisamente del funcionamiento de dichos ciclos, que emergen los factores condicionantes del clima.

Al utilizar los recursos naturales, las sociedades humanas modifican y alteran todos estos procesos, acelerando los cambios naturales en los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas. Este efecto antropogénico es el que ha determinado en gran medida los desencadenantes de los cambios en el sistema climático global, como son el aumento de los gases de efecto invernadero y el consecuente aumento de la temperatura en poco más de 1°C, el derretimiento anticipado de los casquetes polares, el permafrost y los grandes glaciares, la disrupción del ciclo hidrológico con intensas lluvias o sequías no esperadas, los cambios en el comportamiento de algunas especies animales. Todo ello crea a su vez cambios o modificaciones en el pH de los océanos, el incremento del nivel del mar, la desaparición de algunas especies de animales y plantas que no pueden adaptarse a los cambios, entre otros (Abbass, Qasim, Song, *et al.*, 2022)

Esta nueva realidad inducida por los cambios en el clima está haciendo que muchos ecosistemas se deterioren en sus condiciones de habitabilidad y soporte de la vida, haciéndola insostenible en algunos casos. *Este es el terrible impacto de las condiciones climáticas en la sostenibilidad de la biosfera.*

Sin embargo, los seres humanos, en la generalidad de los casos, incluyendo los políticos y economistas, e incluso algunos científicos interesados en el tema, no son capaces de internalizar fácil y rápidamente el grave problema que implica su estilo de vida y sus acciones para los ecosistemas y, consecuentemente, para el cambio climático. A pesar de que el fenómeno del cambio climático es un hecho real, ampliamente discutido y comprobado por innumerables científicos y tecnólogos de las más variadas disciplinas, el hecho de no ser perceptible en el corto plazo y no afectar la inmediatez de la gran mayoría, aunado al desconocimiento generalizado de la sociedad acerca del sistema climático y su papel preponderante en la biósfera del planeta, ha conducido a que un porcentaje significativo de la población mundial no crea que tal fenómeno está sucediendo .

El impacto del problema del cambio climático es percibido mayormente en el ámbito global, en comparación con los impactos en el nivel local o individual. Ello puede explicarse por el uso indiscriminado e inconsistente de ambos términos como sinónimos en la divulgación científica que realiza la prensa en general (periódicos, radio, TV, medios sociales), así como por la divulgación de visiones y opiniones, algunas veces segadas, orientadas a enmarcar el problema en función de intereses particulares.

El uso masivo de combustibles fósiles y la intensidad de los procesos industriales han ocasionado, durante el siglo XX, mayores concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera, aunado a la quema de grandes porciones de bosques y vegetación para ampliar las tierras de cultivo. Las actividades humanas resultan en emisiones de cuatro de los principales gases de efecto invernadero: CO₂, CH₄, N₂O y los halocarburos. El CO₂ ha aumentado globalmente alrededor de 140 ppm (partes por millón) en los últimos 250 años, de un rango de 275 a 285 ppm en la era preindustrial (1000-1750 d.C.) a 421 en la actualidad, debido a la utilización de los combustibles fósiles en la generación de electricidad, calefacción y aires acondicionados para viviendas, así como por los procesos industriales, incluida la producción de cemento y otros bienes. Asimismo, la deforestación libera CO₂ y reduce su absorción por las plantas.

El cambio climático está induciendo una respuesta de adaptación por parte de la biodiversidad mundial. Esto incluye cambios en la distribución de las especies y la abundancia, los cambios en el momento de la reproducción en animales y plantas, los cambios en patrones de migración de animales y aves, y los cambios en la frecuencia y severidad de los brotes de plagas y enfermedades. Pero en la actualidad en muchos casos la adaptación no ha sido suficiente y los umbrales de desaparición de muchas especies se han alcanzado. Ecosistemas únicos como partes de la selva amazónica están pasando de ser sumideros de carbono a fuentes de carbono debido a la deforestación.

El comportamiento de algunas especies está alterándose y ciertas relaciones mutualísticas de larga data pueden verse interrumpidas, así como la aparición de amenazas de extinción dentro de los hábitats y las condiciones que son necesarias para la supervivencia de especies migratorias (Mooney *et al.*, 2009). Algunos de estos efectos son el resultado directo de cambios en la temperatura, las precipitaciones, el nivel del mar, las tempestades o las sequías. Otros son el efecto indirecto de los cambios, por ejemplo, en la frecuencia de los incendios forestales (Abbass, Qasim, Song, *et al.*, 2022).

El informe conjunto del IPCC y la Plataforma internacional para la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (IPBES) (Pörtner, Scholes, Agard *et al.*, 2021), constituye un recurso esencial para la comprensión del tema de esta sección, como lo describen los propios autores:

Los impactos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad son dos de los desafíos y riesgos más importantes para las sociedades humanas; al mismo tiempo, el clima y la biodiversidad están entrelazados a través de vínculos mecánicos y retroalimentaciones.

El cambio climático exacerba los riesgos para la biodiversidad y los hábitats naturales y gestionados; al mismo tiempo, los ecosistemas naturales y gestionados y su biodiversidad juegan un papel clave en los flujos de gases de efecto invernadero, así como en el apoyo a la adaptación climática. ... Limitar el calentamiento global para garantizar un clima habitable y proteger la biodiversidad son objetivos que se apoyan mutuamente, y su logro es esencial para brindar beneficios a las personas de manera sostenible y equitativa (Pörtner *et al.*, 2021: p.14).

Este informe destaca también que el aumento del consumo de energía, la sobreexplotación de los recursos naturales y la transformación sin precedentes de los paisajes terrestres, de agua dulce y marinos, en los últimos 150 años, han ido aparejados con los avances tecnológicos y han

respaldado mejores niveles de vida para muchas sociedades y regiones. Sin embargo, también han provocado cambios en el clima y una disminución acelerada de la diversidad biológica en todo el mundo, ambos afectando negativamente muchos aspectos de la buena calidad de vida. *El reforzamiento mutuo del cambio climático y la pérdida de biodiversidad significa que la resolución satisfactoria de cualquiera de los problemas requiere la consideración del otro.*

5.3 La sostenibilidad en el sector alimentario

Uno de los factores de mayor relevancia, en el estudio de la sostenibilidad, es que la agricultura, además de constituir un servicio ecosistémico esencial para el ser humano, también es una fuente importante de emisión de CO₂, N₂O y de CH₄, tres de los principales gases invernadero, e implica un cambio de uso de la tierra de gran significación. La continua expansión de la superficie cultivada a expensas de la deforestación, con el fin de producir la creciente demanda de alimentos de la población mundial, principalmente en los países en desarrollo, parece imposible de detener, a menos que ocurra un cambio transformativo como los que hemos mencionado en algunas secciones de este texto. Como se señaló en el capítulo I, es uno de los límites planetarios que ya ha sido transgredido (Rockström *et al.*, 2009; Rockström y Sachs, 2013 y Steffen *et al.*, 2015).

Por otra parte, el aumento de la globalización y el aumento de la población mundial tienen un gran impacto en la sostenibilidad de las cadenas de suministro, especialmente dentro de la industria alimentaria. La forma en que se producen, procesan, transportan y consumen los alimentos tiene un gran impacto sobre el logro de la sostenibilidad a lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos. Debido a la complejidad que persiste en la coordinación de los miembros de la cadena de suministro de alimentos, el **desperdicio de alimentos** se ha incrementado en los últimos años (Govindan, 2018).

Igualmente, significativa es la **pérdida de alimentos** y la reducción en su cantidad o calidad debido a las decisiones y acciones de los proveedores en la cadena alimentaria, excluyendo a minoristas, proveedores de servicios de alimentos y consumidores (SOFA, 2019). Empíricamente, se refiere a cualquier alimento que se descarta, incinera o desecha a lo largo de la cadena de suministro de alimentos desde la cosecha/sacrificio/captura hasta el nivel minorista (que no se incluye como pérdida), y no vuelve a ingresar en ninguna otra utilización productiva, como como alimento o semilla. Entre los minoristas y consumidores el fenómeno pasa a ser desperdicio, el cual se refiere a la disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios alimentarios

y consumidores (SOFA, 2019). Una menor pérdida y desperdicio de alimentos conduciría a un uso más eficiente de la tierra y una mejor gestión de los recursos hídricos, lo que tendría un efecto positivo en los medios de vida y en la lucha contra el cambio climático.

La producción agrícola siempre ha estado sujeta a las pérdidas de la cosecha, bien sea por problemas de no aprovechar el máximo potencial productivo de los cultivos, debido a condiciones precarias o negativas (suelos pobres, falta de agua, ataque de plagas, enfermedades o malezas), o por problemas de eficiencia en la cosecha, falta de almacenamiento o dificultades del transporte a los centros de consumo.

Sirva como ejemplo la investigación realizada por López-Sánchez, Luque-Badillo, Orozco-Nunnally, *et al.* (2021) en México, con el fin de estimar las pérdidas de alimentos y caracterizar sus principales causas en el sector agropecuario del estado de Jalisco, identificando las pérdidas en las cosechas de ciertos cultivos (incluidos el maíz, la caña de azúcar, el agave, el tomate, el aguacate y el banano). Se encontró que la pérdida promedio era de 14,0%, que es más bajo que lo informado anteriormente para los países en desarrollo. atribuido principalmente a plagas y condiciones climáticas, seguido de fallas de mercado o sistemas de mercadeo inadecuados. Se encontró que las variaciones de las pérdidas dependen del tipo de productor y cultivo. Los valores de pérdidas fueron menores para los grandes productores y para productos con alta demanda internacional. Los productores más pequeños generalmente reportaron valores más altos de pérdidas de productos alimenticios debido a la falta de personal capacitado y la baja aplicación de prácticas tecnológicas o equipos.

5.4 El estudio del desperdicio y las pérdidas de los alimentos

El tema del desperdicio de alimentos gana en complejidad cuando se vincula a los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental. Aunque la reducción del desperdicio de alimentos no resultará automáticamente en un desarrollo sostenible, puede hacer una contribución importante. El desperdicio de alimentos está asociado con pérdidas sustanciales de dinero y recursos naturales, pero también tiene implicaciones morales en relación con la seguridad alimentaria. Dado que los alimentos se desperdician por una gran cantidad de razones y por diferentes actores en la cadena de suministro de alimentos, es difícil encontrar una solución rápida (Eriksson, Osowski, Björkman, *et al.*, 2018).

En los últimos tiempos, la agroindustria, los gobiernos y las organizaciones internacionales han iniciado programas de reducción de desperdicios y residuos. Reducir el desperdicio de alimentos también es menos controvertido que, por ejemplo, reducir el consumo de carne o aumentar la

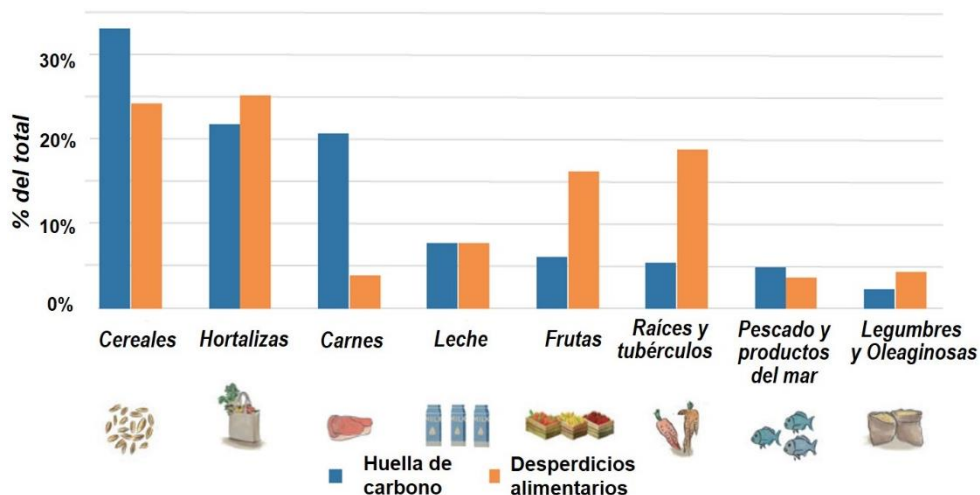
productividad mediante la expansión del uso de organismos modificados genéticamente. De mucha relevancia para el desarrollo sostenible, es un hecho demostrado que los desperdicios de alimentos representan casi 30% de la producción agroalimentaria (productos crudos y procesados), debido al inadecuado manejo en la cocina doméstica y en los negocios expendedores de alimentos (restaurantes, catering). Los resultados del estudio de la FAO (2011) sugieren que alrededor de un tercio de la producción de los alimentos en todo el mundo, destinados al consumo humano se pierde o desperdicia, lo que equivale a aproximadamente 1.300 millones de toneladas al año. Esto significa obligatoriamente que cantidades enormes de los recursos destinados a la producción de alimentos se utilizan en vano, y que las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la producción de alimentos que se pierden o desperdician también son emisiones en vano.

El Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (Gunders y Bloom, 2017) señalan que en los EE UU, 40% de los alimentos adquiridos para consumo, se desechan como desperdicio, principalmente en el hogar y en restaurantes y comedores. Esto no sólo significa que los estadounidenses están perdiendo el equivalente de 165 mil millones de US\$ cada año, sino también que el alimento no consumido termina pudriéndose como el principal desecho de los vertederos de residuos sólidos urbanos. A su vez, este desperdicio representa casi 20% de las emisiones de metano de ese país.

La FAO (2020) viene desarrollando un programa para la reducción de las pérdidas y el desperdicio de los alimentos desde 2009, destacando la magnitud desproporcionada de las pérdidas de productos alimenticios, tanto en durante el proceso productivo y la cosecha, en su transporte, procesamiento y distribución al mayor y al detal, como en los hogares del consumidor final. En la Figura 11 se puede observar la magnitud de dichas pérdidas, asociada con la huella de carbono que las mismas generan.

Figura 11.

Contribución de los diferentes rubros agrícolas a la huella de carbono y a la pérdida/desperdicio de alimentos



Fuente: FAO (2020)

La reducción del desperdicio de alimentos puede contribuir positivamente a múltiples objetivos de desarrollo sostenible, pero no se conocen bien las diferencias en el desperdicio de alimentos entre países en términos de nutrientes incorporados e impactos ambientales. Al evaluar el valor del desperdicio diario de alimentos per cápita de 151 países (Chen, Chaudhary y Mathys, 2020), utilizando dos indicadores recientes de pérdidas nutricionales integradas (días de nutrimentos desperdiciados y dietas diarias desperdiciadas) y cinco indicadores de impacto ambiental estiman que, a nivel mundial, una persona desperdicia una media de 65 kg de alimentos al año, de los cuales 25% se desperdicia en verduras, 24% en cereales y 12% en frutas. Las cantidades diarias desperdiciadas de vitamina C, K, zinc, cobre, manganeso y selenio son especialmente altas y representan de 25 a 50% de su valor de ingesta diaria recomendada.

Chen, Chaudhary y Mathys (2020) también concluyen que las naciones de altos ingresos desperdician seis veces más alimentos por peso que las naciones de bajos ingresos, los impactos ambientales incorporados de las naciones de altos ingresos son 10 veces más que los de bajos ingresos; el desperdicio anual de alimentos per cápita puede proporcionar una dieta saludable a una persona durante 18 días y que se necesita una alta reducción de los residuos de cereales, frutas y verduras para lograr el Objetivo 12.3 de las MDS.

De otra parte, en el Informe del Estado de la Agricultura y la Alimentación del año 2019, la FAO (2020) señala que las pérdidas totales de alimentos mundialmente, desde la cosecha hasta la venta al menor (sin incluir la preparación y el consumo en el hogar), es de 14% en promedio. Pero algunas las investigaciones de los últimos 10 a 5 años sobre el tema indican que las pérdidas y desperdicios son más altas en el hogar, durante la preparación y el consumo, así como en los servicios de restaurantes y hospitalidad. Desafortunadamente la indagación y pesquisa en esta área del consumo y manejo de los alimentos en los hogares y en el sector de hospitalidad es algo difícil y complicada, pues no existen metodologías completamente desarrolladas, existiendo muchas variaciones y disparidades a lo largo de los diversos estudios, y se requiere de una inversión que muchos patrocinantes no están dispuesto a financiar (Eriksson, Osowski, Björkman, *et al.*, 2018).

Jeswani, Figueroa-Torres, & Azapagic (2021) analizaron el desperdicio de alimentos en el Reino Unido con el propósito de estimar sus cantidades a lo largo de toda la cadena de suministro y evaluar los impactos ambientales del ciclo de vida resultante. Además, también cuantificaron las contribuciones de varios grupos de alimentos al desperdicio de alimentos y sus impactos en diferentes etapas del ciclo de vida. Los resultados indican que alrededor de una cuarta parte (13,1 millones de toneladas) de los 58,7 millones de toneladas de alimentos que se consumen en el Reino Unido se desperdicia. Casi la mitad de los residuos (46%) surge en la etapa de consumo y alrededor de un tercio (28%) se pierde en las etapas de producción primaria. La fabricación y la distribución representan 17% y 9% del total de residuos, respectivamente. En cuanto a los grupos de alimentos, la mayor proporción de residuos se genera a partir de cereales (31%), seguidos de hortalizas y raíces feculentas (28%), lácteos y huevos (11%), carne y pescado (10%) y frutas (8%).

El Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) elaboró el Índice de Desperdicio de Alimentos por primera vez en 2021 (UNEP, 2021), resultado de un esfuerzo interinstitucional con la FAO y la Asociación WRAP (Waste and Resources Action Programme) del Reino Unido. El informe estima que el desperdicio de alimentos de hogares, establecimientos minoristas y la industria de servicio de alimentos totaliza 931 millones de toneladas cada año. Cerca de 570 millones de toneladas de estos residuos se producen a nivel doméstico. El informe también revela que el promedio mundial de 74 kg per cápita de alimentos desperdiciados cada año es notablemente similar de los países de ingresos medios-bajos a los de ingresos altos, lo que sugiere que la mayoría de los países tienen espacio para mejorar.

El aumento de la eficiencia del sistema alimentario es una solución que requiere esfuerzos de colaboración de empresas, gobiernos y consumidores; estos últimos pueden desperdiciar menos alimentos mediante las compras de cantidades sensatas (las que se van a utilizar, recordando que la mayoría de los alimentos son perecederos, incluso en el refrigerador), sabiendo que la comida se echa a perder, adquiriendo productos que estén perfectamente comestibles (sanos y limpios), aun cuando sean menos atractivos estéticamente, cocinando sólo la cantidad de comida que necesitan y sin duda, consumiendo todo lo servido. Gustavsson *et al.* (2011) llegan a la misma conclusión y agregan que se da también el caso de la pérdida (incineración) de grandes volúmenes de lotes de alimentos brutos, simplemente porque no poseen las características de tamaño, peso unitario o color que demandan los distribuidores minoristas en función de las preferencias de los consumidores.

5.5 Persiste la Inseguridad Alimentaria

El informe sobre el estado de la seguridad alimentaria publicado por la alianza de organismos de las Naciones Unidas: FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF (2022) ofrece un pertinente y conciso resumen de la prevaleciente situación de inseguridad alimentaria en los últimos dos años, por lo que hemos reproducido algunos de los principales mensajes:

- Aunque se esperaba que el mundo superaría la pandemia de la COVID-19 en 2021 y de que la seguridad alimentaria empezaría a mejorar, el hambre en el mundo aumentó todavía más en 2021. Tras permanecer relativamente estable desde 2015, la prevalencia de la subalimentación se incrementó de 8,0% al 9,3% de 2019 a 2020 y creció hasta llegar al 9,8% en 2021.
- Se estima que en 2021 padecían hambre entre 702 y 828 millones de personas. La cifra ha aumentado en unos 150 millones desde la irrupción de la pandemia de la COVID-19 —103 millones de personas más entre 2019 y 2020 y 46 millones de personas más en 2021—, considerando el punto medio del rango estimado.
- El incremento del hambre en el mundo en 2021 refleja las exacerbadas desigualdades entre países y dentro de ellos, debido a un patrón desigual de recuperación económica entre los países y a las pérdidas de ingresos no recuperadas entre los más afectados por la pandemia de la COVID-19.
- En 2021, el hambre afectaba a 278 millones de personas en África, 425 millones en Asia y 56,5 millones en América Latina y el Caribe, esto es, 20,2%, 9,1% y 8,6% de la

población, respectivamente. Aunque la mayoría de las personas subalimentadas del mundo vive en Asia, África es la región donde la prevalencia es más elevada.

- Según las previsiones, cerca de 670 millones de personas seguirán padeciendo hambre en 2030, es decir, el 8% de la población mundial, igual que en 2015, cuando se puso en marcha la Agenda 2030. Es decir, en 2030 habrá 78 millones de personas subalimentadas más que si la pandemia no hubiera tenido lugar.
- Luego del incremento en 2020, la prevalencia mundial de la inseguridad alimentaria moderada o grave permaneció estable en gran medida en 2021, pero la inseguridad alimentaria grave alcanzó niveles más elevados, lo que demuestra un deterioro de la situación de las personas que ya se enfrentaban a dificultades importantes.
- Casi 3 100 millones de personas no podían permitirse una dieta saludable en 2020. Son 112 millones más que en 2019, lo cual refleja la inflación de los precios de los alimentos al consumidor derivada de las repercusiones económicas de la pandemia de la COVID-19 y las medidas adoptadas para contenerla. (FAO et al., 2022, pp: xiv-xv)

Las conclusiones de los organismos multinacionales responsables del informe citado acerca de la inseguridad alimentaria es un indicativo de la aguda carencia de sostenibilidad social y económica del planeta en uno de los temas más álgidos para la humanidad, como lo es la alimentación.

5.6 Una agricultura más limpia y eficiente

Es indudable que la agricultura ocupa el centro de cualquier discusión relacionada con la sostenibilidad, pues la producción alimentaria tiene una relación compleja con los recursos naturales y el medio ambiente. La UNEP (2005) señala que 24% de la superficie terrestre es ocupada por agroecosistemas, los cuales continúan expandiéndose en algunas regiones, pero en otras se están reduciendo; también indica que las oportunidades para una expansión mayor de los agroecosistemas se están reduciendo, y sólo se podría ampliar sobre tierras de baja calidad o marginales, o reduciendo la cubierta forestal, con todas las consecuencias indeseables para el ambiente y la sociedad.

Los enfoques actuales para maximizar la producción dentro de los sistemas agrícolas son insostenibles; se necesitan nuevas metodologías que utilicen todos los elementos del sistema agrícola, incluyendo una mejor gestión del suelo y la valorización y explotación de poblaciones de microorganismos beneficiosos del suelo. Mientras que la agricultura requiere grandes

cantidades de recursos tierra y agua, también debe mantener la cantidad y la calidad de los mismos con el fin de mantener su viabilidad. El sector agrícola genera residuos y contaminación que pueden influir negativamente en los paisajes y hábitats de vida silvestre. Por ejemplo, la agricultura es la principal fuente de contaminación de nitratos, tanto en aguas subterráneas como superficiales, de fosfato en los cursos de agua y la liberación de potentes gases de efecto invernadero (metano y óxido nitroso) en la atmósfera. Pero debe anotarse que la agricultura y la silvicultura son reconocidas por tener externalidades potencialmente positivas, tales como la provisión de servicios ambientales y a través de almacenamiento de agua y la purificación, el secuestro de carbono y el mantenimiento de los paisajes rurales (FAO, 2019).

Pero sucede que la producción agrícola intensiva practicada en los países desarrollados y en algunos sectores de los países emergentes y en vías de desarrollo influye negativamente sobre la sostenibilidad de las tierras y de las aguas, generando graves problemas que se reflejan en problemas de desertificación, salinidad, contaminación de cursos de agua (eutrofización e hipoxia) e incluso zonas muertas²⁰. La contaminación agrícola se refiere a los subproductos bióticos y abióticos de las prácticas agrícolas que resultan en la contaminación o degradación del medio ambiente y los ecosistemas circundantes y/o causan daños a los seres humanos y sus intereses económicos. Los principales contaminantes generados en el proceso agrícola son los residuos de fertilizantes y pesticidas, que por regla general drenan hacia los cuerpos de agua o se lixivian hacia las aguas subterráneas, Algunos pesticidas pueden ser tóxicos para la vida animal, incluyendo al hombre como consumidor final de los alimentos (FAO, 2018)

La intensificación sustentable de la producción de alimentos debe acompañarse de una acción concertada regional y nacional e internacionalmente, en aras de reducir el efecto invernadero y las emisiones de gases procedentes de la agricultura, para evitar una mayor aceleración del cambio climático y las amenazas a la viabilidad a largo plazo.

La productividad de las explotaciones se puede mejorar a través de economías de escala y la adopción de sistemas de producción más eficientes técnicamente. Sin embargo, el crecimiento a largo plazo de la productividad para el sector en su conjunto requiere de una continua fuente de innovaciones tecnológicas, sociales y nuevos modelos de negocio adecuados a la escala local y regional (FAO, 2017; 2022).

²⁰ La escorrentía de los grandes ríos provoca la aparición de zonas muertas en sus desembocaduras, como es el caso de una porción de la región norte del golfo de México, que abarca más de 12.000 km², debido principalmente a las sustancias tóxicas (agroquímicos y nutrientes reactivos) que provienen del río Mississippi.

Por otra parte, al día de hoy, 3.600 millones de personas viven en áreas con escasez de agua por lo menos un mes por año. Según la ONU, esto podría alcanzar de 4.800 a 5.700 millones para el 2050, lo que provocará conflictos entre los usuarios del agua, independientemente de las fronteras políticas. Desde hace mucho tiempo, los desastres súbitos y de evolución lenta vinculados al ciclo hidrológico son uno de los principales motivos de la migración forzada, puesto que las personas buscan alejarse del peligro. La falta de acceso al agua o de disponibilidad de la misma ya sea a causa de sequías o por la interacción de las sequías con una gobernanza del agua deficiente— también se considera un factor en la decisión de migrar dado que afecta al bienestar y los medios de subsistencia, al no ser posible sembrar cultivos ni criar animales para la alimentación de la familia (UNESCO/UN-Water, 2020).

Las posibles soluciones que se han considerado para lograr una PML en la agricultura incluyen la reorientación de los sistemas agrícolas hacia la agroecología, la promoción de la agricultura orgánica, el fomento de la agricultura conservacionista y más recientemente la intensificación sustentable de los agroecosistemas, en contraste con la intensificación tecnológica que ha imperado durante los últimos 60 años.

Beedington (2010) añade que la ciencia y la tecnología pueden contribuir de forma importante, al proporcionar soluciones prácticas en el marco de la intensificación sustentable. Asegurar esta contribución requiere fijar una alta prioridad tanto para los enfoques de investigación (contextual y participativa) como para facilitar el despliegue mundial de las tecnologías existentes y emergentes. Se necesitarán técnicas de diversas disciplinas, que van desde biotecnología y la ingeniería hasta los nuevos campos como la nanotecnología.

En pocas palabras, se requiere una nueva ‘revolución verde’, enfocada en áreas como: mejora de los cultivos para obtener mayor resistencia a la sequía y a las plagas y enfermedades, el uso inteligente del agua y de los fertilizantes; nuevos pesticidas y su gestión eficaz para evitar problemas de resistencia, incluyendo la introducción de nuevos métodos biológicos (no químicos) para la protección de cultivos, la reducción de las pérdidas posteriores a la cosecha y una ganadería y producción marina más sostenibles (FAO, 2017, 2022).

5.7 La intensificación de los sistemas agrícolas de los pequeños y medianos productores

La intensificación de la agricultura ha venido adquiriendo relevancia en la agenda de organizaciones multilaterales, nacionales y no gubernamentales. Las discusiones iniciales no tenían debidamente clarificado la conjunción y sinergia entre ambos términos: intensificación y sostenibilidad. El tratamiento que ha recibido el tema se ha caracterizado en dos vertientes

principales, la intensificación desde el punto de vista tecnológico, por una parte, y la intensificación sustentable de los sistemas agrícolas que consideren los contextos sociales, ecológicos y culturales. Como lo señalan Garnett y Godfray (2012), es necesario el tratamiento equitativo de ambos términos, considerando los ámbitos espacio-temporales y el accionar socioeconómico de los sistemas agrícolas que requieren su estatus actual y su desempeño futuro. La intensificación sustentable de la agricultura no debe pretender ser “la nueva visión estratégica y sociopolítica” para el alivio de la pobreza y el hambre, sino más bien un complemento que haga sinergia con los programas globales de desarrollo sustentable (donde los programas de mejoramiento de los sistemas agrícolas es uno de muchos otros aspectos considerados), enfocando las capacidades de producción antes que el aumento de la productividad *per se*, que permitan la optimización de ésta; privilegiando las consideraciones éticas y ambientales por encima de las meramente económicas.

La intensificación sostenible de la producción agrícola es el primer objetivo estratégico de la FAO (2011a) para la segunda década del presente siglo. Para alcanzar dicho objetivo, la FAO ha aprobado el empleo del *enfoque ecosistémico* en la gestión agrícola. Básicamente, el enfoque ecosistémico emplea insumos como la tierra, el agua, las semillas y el fertilizante para complementar los procesos naturales que respaldan el crecimiento de las plantas, tales como la polinización, la depredación natural para luchar contra las plagas y la acción de la biota del suelo que permite a las plantas acceder a los nutrientes. El enfoque ecosistémico debe aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria con vistas a incrementar la eficiencia y a reforzar el sistema alimentario mundial.

En el ámbito de los sistemas agrícolas, la ordenación debería basarse en procesos ecológicos y en la integración de diversas especies de plantas, así como en el uso racional de insumos externos como fertilizantes y plaguicidas. Entre tales sistemas y prácticas se incluyen los siguientes (MacLaren, Mead, van Balen, *et al.*, 2022):

- Uso de la labranza mínima para la conservación del suelo sano para mejorar la nutrición de los cultivos.
- El cultivo de una gran diversidad de especies y variedades en asociaciones, rotaciones y secuencias.
- El uso de variedades bien adaptadas y de alto rendimiento y de semillas de buena calidad.
- Aplicación de materia orgánica natural para mejorar la estructura y drenaje de los suelos

- El manejo integrado de plagas, enfermedades y malas hierbas, principalmente mediante control biológico y prácticas culturales.

Aplicadas conjuntamente o en diversas combinaciones, las prácticas recomendadas contribuyen a proporcionar importantes servicios ecosistémicos y trabajan de manera sinérgica para producir resultados positivos en cuanto a la productividad general y de cada factor. En este mismo contexto, muchas experiencias locales han demostrado que la aplicación integrada de las prácticas de intensificación sustentable reduce la huella ecológica de los agroecosistemas (Montpellier Panel, 2013):

- La labranza mínima y la cero labranza, que permiten conservar las propiedades físicas del suelo, la materia orgánica y la salud del suelo, al tiempo que se evita la compactación producida por la maquinaria.
- El uso del control biológico de plagas, mediante el manejo integrado con prácticas culturales.
- El mantenimiento de los residuos de cosecha en el campo, para prevenir la erosión y la pérdida de humedad.
- La aplicación de biofertilizantes (*Rhizobium* y micorrizas) los cuales, a la vez que fijan nitrógeno, ayudan a la diversificación de las parcelas productivas con diversas especies anuales y perennes en asociaciones, combinaciones, secuencias o rotaciones.
- La prudencia en el uso de agroquímicos (dosis de fertilizantes mínimas aplicadas correctamente, herbicidas incorporados a la semilla, biocidas como *Bacillus thuringiensis*, *Trichoderma* sp o *Babesia* sp.
- Técnicas de riego controlado (goteo, por chorrillo) en función de las necesidades reales del cultivo y del régimen de evapotranspiración local.
- La combinación de la producción de cultivos con la cría de ganado, aprovechando los subproductos de la cosecha para la alimentación de los animales y los desechos orgánicos para la fertilización de las siembras.

Para lograr que efectivamente se alcance la ecoeficiencia en los agroecosistemas, estas prácticas, deberán estar acompañadas de los adecuados servicios de apoyo (capacitación, crédito, infraestructura), sistemas de información de mercados locales y regionales, asesoría técnica (extensión integral y organización comunitaria) y la participación consiente y proactiva de los grupos de agricultores. La integración de la provisión de tecnologías y la intervención socio-institucional orientada a inducir procesos de aprendizaje e innovación –aprovechando las

oportunidades que ofrecen las tecnologías de información y comunicación—, es la manera más fácil de lograr un impacto significativo en el sistema socio-ecológico. Por lo que se puede considerar la ecoeficiencia en los agroecosistemas como un proceso multifuncional.

Xie, Huang, Chen, Zhang, & Wu (2019) realizan una revisión del estado de la intensificación sustentable de la agricultura en el mundo y sus resultados muestran que:

1. La connotación de intensificación agrícola sostenible no ha sido totalmente definida hasta los momentos. Se cree ampliamente que la intensificación sostenible tiene las características de aumentar la producción y reducir el daño ambiental, y se usa ampliamente en las ciencias agrícolas, biológicas y ambientales;
2. Las técnicas de medición y los indicadores de intensificación agrícola sostenible son diversos, y los casos de medición se distribuyen principalmente en Europa, Asia, África y América;
3. Los factores que influyen en la intensificación agrícola sostenible se pueden dividir aproximadamente en cuatro aspectos: factores socioeconómicos, características propias de los agricultores y factores naturales, entre los cuales la presión poblacional es la fuerza impulsora potencial para la intensificación agrícola sostenible;
4. La característica más obvia de la intensificación agrícola sostenible es la reducción de la brecha de rendimiento. La estrategia de implementar la intensificación agrícola sostenible se puede atribuir al uso efectivo de insumos y la adopción de prácticas y tecnologías sostenibles. Por lo tanto, la ruta de implementación debe enfocarse en cómo mejorar la efectividad de los insumos externos al sistema agrícola y optimizar la combinación de prácticas y tecnologías dentro de los sistemas de producción de cultivos sostenibles.

5.8 La Economía verde: una visión somera del concepto

Desde principios de la última década del siglo XX, se ha venido manejando el concepto de Economía verde (EV) como una posible alternativa a la crisis ambiental reinante en el globo. Al igual que el DS, ha habido una profusión de literatura sobre la EV, tanto en el ámbito científico como en el económico y político. Las conceptualizaciones, interpretaciones y críticas son variadas y con visiones muy diferentes, de acuerdo con la fuente (UN-DESA, 2010). Dado que en la última Conferencia sobre Desarrollo Sustentable (Río + 20) ha habido un explícito reconocimiento del papel de la EV para el futuro sostenible, conviene revisar algunos puntos de vista de manera de poder visualizar el alcance y las implicaciones que se derivan en relación con el desarrollo sustentable.

El acuerdo de Rio+20, plasmado en el reporte: *El futuro que queremos*, enfatiza que la Economía verde –en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza– es uno de los instrumentos más importantes disponibles para lograr el desarrollo sostenible y que podría ofrecer alternativas en cuanto a formulación de políticas, pero debería consistir en un conjunto de normas flexibles y adaptadas localmente. Específicamente, entre otras menciones a lo largo de los 283 apartados (o párrafos) que contiene, en el apartado N° 60 declara:

Reconocemos que la economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza mejorará nuestra capacidad para gestionar los recursos naturales de manera sostenible con menos consecuencias negativas para el medio ambiente, mejorará el aprovechamiento de los recursos y reducirá los desechos.

Y en apartado, N° 61:

Reconocemos que la adopción de medidas urgentes en relación con las modalidades insostenibles de producción y consumo, cuando ocurran, sigue siendo fundamental para ocuparse de la sostenibilidad ambiental y promover la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica y los ecosistemas, la regeneración de los recursos naturales y la promoción de un crecimiento mundial inclusivo y equitativo (UN, 2012a).

Sin embargo, la economía verde no posee todavía un enfoque preciso y definitivo, pudiendo tener varios significados y alcances diferentes, y puede ser vista como:

- Un sector económico (por ejemplo, los bosques, la tierra, el agua, la biodiversidad, la energía);
- Las buenas prácticas, como el consumo y la producción sostenibles, estrategias integradas, responsabilidad social corporativa, la divulgación huella de carbono, entre otros,
- Un conjunto de buenas políticas para lograr objetivos de desarrollo sostenible (por ejemplo, los precios, los impuestos, los subsidios, la inversión pública, la educación y la investigación y desarrollo).
- El proceso de transición, la participación de las políticas y prácticas descritas anteriormente,
- Un punto final deseado, donde son universalmente adoptadas buenas políticas y prácticas y existe una estructura compatible de incentivos y una estructura de apoyo económico.

La UNEP define una Economía verde como “una economía baja en carbono y eficiente en el uso de los recursos naturales, además de los insumos convencionales (trabajo, energía fósil y capital)”. Una economía verde valora e invierte en el CN y ofrece mejores condiciones para garantizar un crecimiento sostenible y busca conservar y preservar el medio ambiente en el entendido que éste es fundamental para garantizar la sostenibilidad de la producción para las generaciones futuras.

Una economía verde debe estar signada por un aumento sustancial de las inversiones en sectores económicos que aprovechan y mejoran el CN de la Tierra o reducen las carencias ecológicas y los riesgos medioambientales. Estos sectores incluyen las energías renovables, el transporte de bajo carbono, los edificios energéticamente eficientes, tecnologías limpias, el mejoramiento de la gestión de residuos, el mantenimiento de la provisión de agua dulce, el fomento de la agricultura sostenible, la silvicultura y la pesca. Estas inversiones están impulsadas por, o con el apoyo de, reformas de las políticas nacionales de regulación de los mercados y su infraestructura (UNEP, 2011).

Luego de más de 10 años de propuestas, debates y discusión, el concepto de Economía ambiental o ecológica, que originalmente había estado confinado a los círculos académicos, ha empezado a penetrar y dominar la agenda política y económica en diversos foros internacionales. Destacan los trabajos y aportaciones realizados por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Banco Mundial. Las diversas agencias del Sistema de Naciones Unidas han identificado a la economía verde como “la inversión en sectores como las tecnologías de eficiencia energética, las energías renovables, el transporte público, la agricultura sostenible, el turismo respetuoso con el medio ambiente y la gestión sostenible de los recursos naturales, incluidos los ecosistemas y la biodiversidad”.

Se reconoce que sustituir el CN por el capital físico es costoso y que la infraestructura necesaria para limpiar los activos naturales como el agua, la tierra y el aire contaminados puede ser onerosa, pero el costo de la inacción puede ser aún mayor. Enverdecer el crecimiento en estos momentos, es necesario para evitar una mayor erosión del CN, como puede ser mayor escasez de agua y otros recursos, un incremento en la contaminación, así como mayores riesgos derivados del cambio climático y la pérdida de biodiversidad, todo lo cual puede socavar el crecimiento futuro. Para otros, una economía verde necesariamente tiene que ser redistributiva y debe enfocarse en políticas que hagan incluyentes el crecimiento y el desarrollo, sobre todo a

los grupos más vulnerables en las áreas rurales, grupos indígenas o mujeres, quienes tradicionalmente han enfrentado las mayores barreras para avanzar en la escala económica. Ella tendría que constituirse a partir de un sistema económico que considera en su equilibrio general holístico la interacción justa de los agentes económicos y los factores de producción, el respeto y buen funcionamiento de los equilibrios implícitos del CN y de los ecosistemas del medio ambiente, las necesidades de la sociedad y la correcta armonía entre los países desarrollados, emergentes y en desarrollo a fin de promover un desarrollo incluyente (SELA, 2012).

La EV va más allá de lo ambiental en su ámbito de aplicación, pues también se trata del desarrollo y la economía. Desde una perspectiva de desarrollo, hay una serie de maneras en que una economía verde podría beneficiar tanto a los países desarrollados y en desarrollo. Una EV no sólo se debe mantener, sino también mejorar el valor de todas las actividades que realizan los pequeños agricultores de todo el mundo, dependientes fundamentalmente de un medio ambiente sano. Debe ayudar a reducir la pobreza energética mediante el suministro de sistemas de distribución de energía renovable de bajo costo. De ser exitosa, la EV debería ayudar a reducir la vulnerabilidad de los pobres a los efectos del desenfrenado el cambio climático, la degradación del océano desertificación y la pérdida de la biodiversidad, así como los impactos de la contaminación local del aire, suelo y agua, contribuyendo con los postulados esenciales de la sostenibilidad.

Desde esta perspectiva, Khor (2011) considera que el concepto y alcance de la EV debe ser multidimensional y enfocarse no sólo en la crisis ambiental, sino también en el desarrollo socio-económico y la equidad, y flexibilizado en función de las condiciones específicas del desarrollo, condiciones y prioridades de cada país o región, tal y como se planteó inicialmente en la Conferencia de Río de 1992. También existe el riesgo de que el medio ambiente, y por ende la EV, pueda ser usado de manera inapropiada por los países para fines comerciales proteccionistas y que, los países desarrollados en particular puedan utilizarlo como un mecanismo para justificar medidas comerciales unilaterales contra los productos de los países en vías de desarrollo, sobre la base de los acuerdos establecidos en el seno de la Organización Mundial del Comercio, especialmente en relación con los sistemas tarifarios del comercio, los subsidios a la agricultura y a la investigación/desarrollo.

Adamowicz (2022) realiza una revisión profunda del movimiento que denomina “ecologización de la economía”, ocurrido en los últimos 50 años, en respuesta al progresivo deterioro ambiental y pérdida de los ecosistemas y la biodiversidad. El mismo ha evolucionado como un proceso de

transición de una gestión según el paradigma tradicional de desarrollo industrial-mercantil a un paradigma de desarrollo inclusivo, basado en la sostenibilidad y la restauración del equilibrio ecológico, llegando a definirse como una economía baja en carbono y eficiente en el uso de los recursos, que genere crecimiento, cree empleos y erradique la pobreza, invirtiendo y preservando el capital natural del que depende la supervivencia a largo plazo del planeta. Esta corriente estuvo bajo la égida de los organismos multilaterales (ONU, UNEP, UNDP, FAO, etc.) y con el visto bueno de la OECD y la Unión Europea. Los dos términos, “economía verde” y “crecimiento verde”, contienen elementos comunes y sus diferencias se han desdibujado gradualmente y, a menudo, se han utilizado indistintamente. Esto también se debió a la búsqueda de un enfoque integrado que combinara todos los elementos y planos del concepto de desarrollo sostenible, con el que ambos conceptos estaban estrechamente relacionados. Numerosos documentos y reuniones han tenido lugar en torno a esta nueva visión ecológica-económica, por sus lazos e implicaciones con el concomitante desarrollo sostenible que ha estado igualmente en el foco de atención de dichas organizaciones. La idea de un nuevo Pacto Verde Europeo es solo uno de los muchos conceptos detallados de desarrollo sostenible abordados por varias organizaciones internacionales. La resolución de la ONU: “Transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, adoptada en 2015, puede considerarse como una forma integrada de implementar procesos de desarrollo socioeconómico en todos los países del mundo, pero debe ir más allá de las declaraciones y promesas, hacia un ámbito de acción práctica al cual todavía no llega completamente.

De lo expuesto en esta sección se desprende que las implicaciones económicas y políticas de la EV son cruciales para su implantación, pero su discusión y análisis escapan del propósito de este libro. Instituciones como la UNEP, FAO, PNUD y otras organizaciones multilaterales han producido en los últimos 10 años una abundante literatura sobre el tema de la economía verde. Algunos *think tanks* de universidades y grupos independientes de investigación, consultoría y análisis han criticado aspectos de la economía verde, particularmente las concepciones dominantes de la misma, basadas en el uso de mecanismos de precios para proteger la naturaleza, argumentando que esto extenderá el control corporativo a nuevas áreas desde la silvicultura hasta el agua. Por ejemplo, la organización de investigación ETC Group argumenta que el énfasis corporativo en la bioeconomía "estimulará una convergencia aún mayor del poder corporativo y desencadenará la apropiación de recursos más masiva en más de 500 años"²¹. El

²¹ <http://www.etcgroup.org/es/content/%C2%Bfqui%C3%A9n-controlar%C3%A1-la-econom%C3%Ada-verde>

profesor venezolano Edgardo Lander dice que el informe del UNEP, *Hacia una Economía Verde*, aunque bien intencionada “ignora que la capacidad de los sistemas políticos existentes para establecer regulaciones y restricciones al libre funcionamiento de los mercados –aun cuando las exija una gran mayoría de la población– está seriamente limitada por el poder político y financiero de las corporaciones”²². Otras organizaciones que han planteado controversias con la economía verde incluyen:

- Greenpeace – <http://Greenpeace.org>
- Biodiversidad en América Latina:
http://www.biodiversidadla.org/Principal/Recursos_graficos_y_multimedia/Video/Video_Economia_verde_un_negocio_pintado

²² www.tni.org/sites/www.tni.org/

CAPÍTULO 6: HACIA EL CONSUMO Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLES

6.1 Consumo versus consumismo

Desde la perspectiva socioeconómica y cultural, el consumo es una actividad esencial en la vida diaria de los habitantes de cualquier ciudad o pueblo, por pequeño que sea. Aún más, si se lo reduce a su forma arquetípica en tanto ciclo metabólico de ingesta, digestión y excreción, el consumo es una condición permanente e inamovible de la vida y un aspecto inalienable de ésta, ataduras ni a la época ni a la historia. Desde ese punto de vista, se trata de una función imprescindible para la supervivencia biológica que los seres humanos comparten con el resto de los seres vivos, y sus raíces son tan antiguas como la vida misma.

Luego de la aparición de la agricultura en las distintas civilizaciones del Planeta, se generalizó el trueque del excedente de cosechas y productos, practicado entre los miembros de una comunidad, hacia el intercambio entre comunidades vecinas, lo que fue base fundamental de la economía actual. Con ello, se comenzó a consumir productos que no eran producidos directamente en la comunidad o asentamiento, lo que eventualmente dio origen al mercado, como sitio de intercambio y al establecimiento del valor de cambio que poseen los productos.

Aunque el consumo ha sido practicado a lo largo de la historia por las minorías o élites que ejercían el poder, con la expansión de las relaciones socioeconómicas y la consolidación de la clase burguesa en el Renacimiento y la posterior Revolución Industrial de la que emergió la clase media, el consumo de la sociedad actual se ha incrementado aceleradamente, como una forma particularmente importante, por no decir central, en la mayoría de las personas; el propósito mismo de su existencia, un momento en que nuestra capacidad de *querer*, de *desear* y de *anhelar*, y en especial nuestra capacidad de experimentar esas emociones repetidamente, es el fundamento de toda la economía de las relaciones humanas. (Vargas-Merino, Ríos-Lama, & Panez-Bendezú, 2023).

Si a ello se agrega la vertiginosa promoción y publicidad, ya vigente desde mediados del siglo pasado, y acelerada, primero por la radio y TV a mediados del siglo pasado, luego por la internet durante los últimos 30 años, y actualmente por las redes sociales, el *consumo* dejó de ser el mecanismo de satisfacción de las necesidades básicas de la clase media, para transformarse en el *consumismo*, basado en el mercadeo y distribución masivos de bienes y servicios, ahora como

un comportamiento que deja atrás la satisfacción de necesidades y se transforma en la satisfacción de los deseos y anhelos (que nunca estarán completamente satisfechos), deviniendo en un atributo de la sociedad cibernética actual (Wang, Ghadimi, Lim, *et al.*, 2019).

Es sabido que la naturaleza social de los seres humanos nos impulsa a imitar características o actitudes aceptables en el grupo social más cercano: el deseo de integración, evitar el rechazo, el ridículo o la pérdida de prestigio social son a menudo factores detrás de la imitación. En la mayoría de las sociedades ricas, el consumo no se centra en la satisfacción de las necesidades físicas, sino en las sociales y psicológicas, ya que estas muchas veces representan o construyen la identidad de los individuos, al tiempo que les permiten alcanzar un lugar destacado entre sus pares.

Dos barreras muy particulares afectan o desalientan la reducción del consumismo: los hábitos y las necesidades psicológicas/sociales. Como el consumismo ya es una parte inherente de la vida cotidiana, las personas están acostumbradas a consumir/desperdiciar recursos en sus actividades diarias de forma natural, por lo que un cambio representa la asignación de tiempo y esfuerzo (Vargas-Merino, Rios-Lama, & Panez-Bendezú, 2023).

En concordancia con lo señalado, se puede inferir que la compleja y diversificada maquinaria de la economía global y el marketing social incorpora la producción y distribución de los más variados bienes de consumo, independientemente de los costos de transacción y las externalidades que pueda implicar, en cuanto al uso desmedido de los recursos naturales para la obtención de materias primas y su transformación en artefactos consumibles, con el consecuente impacto negativo y, en algunos casos destructivo, sobre dichos recursos. De allí la importancia de considerar la necesidad de comprender el concepto de consumo sustentable, como alternativa válida para enfrentar el impacto negativo sobre el medio ambiente de las tendencias consumistas de la sociedad actual.

6.2 Producción y consumo sustentable

En tanto que el consumismo, como debilidad humana impulsada por la exacerbada producción y ofertas de artículos superfluos, propende a malgastar los recursos utilizados en su producción y a dañar las fuentes de dichos recursos: canteras, bosques, minas, ríos, agroecosistemas, etc.; por lo que se considera que el exceso de consumo es contrario a la sostenibilidad. De allí que haya surgido la visión de reducir las tasas de producción y consumo de bienes y artículos, algunas veces innecesarios, dentro de principios racionales, utilitarios y eficientes: el consumo y la producción sostenibles. El análisis del consumo y la producción sustentable o sostenible (PCS)

requiere un enfoque holístico, de acuerdo con la UNEP (2015). Con base en la perspectiva del “Ciclo de Vida”, considera el uso total de los recursos, así como las emisiones resultantes, efluentes y residuos, con el objetivo de minimizar los impactos ambientales negativos, incluyendo también la promoción del bienestar. Su enfoque en la gestión sostenible y eficiente de los recursos –en todas las etapas de las cadenas de valor de los bienes y servicios– fomenta el desarrollo de los procesos que utilizan menos recursos y generan menos residuos, incluidas las sustancias peligrosas, de manera de lograr beneficios ambientales y mejorar la productividad y las ganancias económicas. Tales mejoras también pueden aumentar la competitividad de las empresas, convirtiendo las soluciones al reto de la sostenibilidad en oportunidades de negocio, empleo y exportaciones.

La PCS también impulsa la captura y reciclaje de los recursos, convirtiendo así los flujos de residuos en flujos de valor. El objetivo fundamental del PCS es disociar el crecimiento económico de la degradación ambiental. El logro de la PCS permitirá mantener las mejoras en el desarrollo económico y el bienestar humano de los que dependemos, incluyendo en los sectores de la salud y la educación. En síntesis, la PCS tiene como objetivo *Hacer Más y mejor con Menos* a través de todo el ciclo de vida de los productos. Más, expresado en términos de bienes y servicios, y menos con un impacto reducido en términos de utilización de recursos, la degradación ambiental, los residuos y la contaminación.

El enfoque de la producción y el consumo sostenibles propone reducir al mínimo los efectos ambientales negativos de los sistemas de producción y consumo, teniendo en cuenta todas las etapas del ciclo de vida de los productos y servicios y, al mismo tiempo, promoviendo la calidad de vida de todos. Se trata de un marco amplio que abarca muchas soluciones operacionales que son fundamentales para la formulación y aplicación de políticas y medidas para lograr la sostenibilidad económica, social y ambiental. Entre estas soluciones se encuentran las siguientes: la gestión de la cadena de suministro, la gestión y la reutilización de desechos, la eficiencia de los recursos a lo largo de la cadena de valor, una producción más limpia, la concepción del ciclo de vida, la innovación ecológica y el etiquetado ecológico (UNEP, 2015b).

Sin embargo, la aplicación e internalización de la PCS ha crecido más en los países de altos ingresos en Norteamérica, Europa y algunos asiáticos, que en los de África y América Latina (Wang, Ghadimi, Lim, *et al.*, 2019). Como se requieren tanto iniciativas desde el estado hacia los productores y consumidores (*top-down*), como desde los consumidores y el sector productivo hacia el estado (*bottom-up*), en las economías en desarrollo se concentran más en las primeras,

mientras que en las economías desarrolladas ocurren en ambos sentidos, dada la disponibilidad de mayores ingresos, nivel de educación y toma de conciencia en relación la necesidad de fomentar la sostenibilidad (Sakao, Kanda, Esguerra, *et al.*, 2023).

El aspecto central de la PCS es el análisis del ciclo de vida y su gestión, que se basa en criterios de precaución y prevención. Su objetivo es evitar el desplazamiento de los problemas entre las etapas de consumo y producción, áreas geográficas o categorías de impacto en el ciclo de vida. El enfoque del ciclo de vida abarca toda la cadena de valor, desde el momento en que un producto se ha diseñado y desarrollado, hasta la selección, adquisición y suministro de materias primas (Wang, Ghadimi, Lim, *et al.*, 2019). En ciclo de vida se examinan las fases de fabricación, envasado y distribución, considerando los impactos potenciales a través de las fases de venta, compra, uso y servicio. Por último, se analizan los impactos de los productos cuando son reciclados, reutilizados o eliminados.

Se han identificado una serie de factores impulsores de la adopción de la PCS: El primero tiene una influencia económica y está relacionada con el crecimiento económico, el ingreso disponible y los precios. El segundo tiene que ver con la demografía: se ocupa de los hechos de los hogares unipersonales y vidas más largas. El tercer impulsor tiene que ver con el estilo de vida y los gustos culturales por la diversidad, así como con el individualismo y las horas de trabajo y ocio de los clientes. El cuarto se refiere a los medios, la educación y la información que influye en la conciencia ambiental del cliente. El quinto factor describe la tecnología e infraestructura existente que hace que los productos y servicios estén disponibles para los clientes, y el último está relacionado con el marco de políticas que se ocupa de los instrumentos económicos, la regulación y las herramientas sociales (Govindan, 2018). Igualmente, reconoce que existen barreras entre los consumidores para la adopción de la PCS. La primera barrera es el acceso limitado a productos y servicios verdes. Una de las razones de este problema es, por ejemplo, la producción en masa, que es necesaria para alimentar a la mayor cantidad de personas. Esto tiene un impacto en la industria alimentaria, ya que se deben encontrar formas que proporcionen suficientes alimentos pero que también estén estructuradas para ser sostenibles y tener el menor impacto posible en el medio ambiente y los seres humanos. La segunda barrera es la falta de transparencia y credibilidad, que probablemente no mejorará si las cadenas de suministro de alimentos aumentan en número y complejidad. La tercera barrera describe el grado limitado de conciencia del consumidor sobre el uso de productos de bajo impacto. Con un aumento en la población, se debe considerar el intercambio de información y una mayor conciencia. Las barreras cuarta y quinta son la falta de una infraestructura adecuada para los desechos y los

pocos mecanismos de devolución, especialmente en partes que tienen un alto número de ciudadanos por área y donde se produce una gran cantidad de desechos. El efecto en la cadena de suministro tiene que ver con encontrar formas de reducir el desperdicio y reconsiderar la devolución de productos. Un enfoque para reducir el desperdicio es la logística inversa. Al devolver los productos usados a la cadena de suministro, idealmente las partes valiosas de los productos se pueden reutilizar y los desechos se pueden reciclar o eliminar adecuadamente (Govindan, 2018).

Aun cuando los expertos que se preocupan sobre el tema y los formuladores de políticas no hayan alcanzado criterios unívocos, lo que sí es cierto es que progresivamente se ha conformado la conciencia clara en el individuo (atento a, y conocedor de la realidad de su entorno) sobre la necesidad de evolucionar hacia *sistemas de producción y aprovechamiento de los ecosistemas más eficientes, menos dilapidadores y más preocupados por su preservación y protección: en síntesis, una producción más limpia (PML) y un consumo sostenible.*

Desde mediados de la década de los noventa, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Oficina de UN para el Desarrollo Industrial definen la PML como: "la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente" (PNUMA, 2006: p. 2). La ONUDI y el PNUMA en 2008 ampliaron la definición de producción más limpia para incluir explícitamente la *eficiencia de los recursos*, que es un elemento clave de las transiciones hacia la industria verde y la economía verde, e introdujo el término producción más limpia y eficiente en el uso de los recursos (RECP, por sus siglas en inglés). Esta definición dice lo siguiente: "RECP implica la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas integradas a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente" (Hens, Block, Cabello-Eras, *et al.*, 2018: p. 3326). RECP aborda las tres dimensiones de la sostenibilidad de manera individual y sinérgica: (a) mayor eficiencia de producción y desempeño económico, a través de un mejor uso productivo de los recursos naturales (materiales, energía, agua) en todas las etapas del ciclo de producción, (b) protección ambiental, mediante la conservación de recursos y mediante la minimización de los impactos adversos de los sistemas de producción industrial sobre la naturaleza y el medio ambiente, y (c) el desarrollo humano y la mejora social, a través de la minimización de los riesgos para las personas y las comunidades, y el apoyo a su desarrollo, p. ej. proporcionando puestos de trabajo y protegiendo el bienestar de los trabajadores y las comunidades locales (Hens, Block, Cabello-Eras, *et al.*, 2018).

6.3 Objetivos y herramientas para la PML

La producción más limpia es un proceso continuo que se puede aplicar a los procesos de producción; productos; o servicios; o se puede extender para cubrir todo el ciclo de vida de un producto o servicio. Algunas técnicas de producción más limpia incluyen:

- Cambios en la tecnología
- Cambios en los materiales de entrada
- Cambios en las prácticas operativas
- Cambios en el diseño del producto
- Cambios en el uso de los residuos
- Cambios en el mantenimiento
- Cambios en el embalaje

La producción más limpia está relacionada con otros conceptos de sostenibilidad como la ecoeficiencia; tecnologías de sonido ambiental; evaluación del ciclo de vida; compras verdes y cero emisiones. Para que la producción más limpia tenga éxito, se requiere el apoyo de la alta gerencia, la concientización y participación del personal, y el aporte del personal (Srinivas, 2015).

La PML tiene como propósito integrar los objetivos ambientales en el proceso de producción para reducir desechos y emisiones en lo que se refiere a la cantidad y toxicidad y así reducir los costos. La premisa esencial de la PML es anticipar y prevenir, antes que reaccionar y corregir. La PML ofrece varias ventajas:

- Presenta un potencial de soluciones para mejorar la eficiencia económica de la empresa, pues contribuye a reducir la cantidad de materiales y energía usados.
- Debido a una exploración intensiva del proceso de producción, la minimización de desechos y emisiones generalmente induce un proceso de innovación dentro de la compañía.
- Puede asumirse la responsabilidad por el proceso de producción como un todo, los riesgos en el campo de responsabilidad ambiental, fortaleciendo la responsabilidad social y ambiental corporativa.
- La minimización de desechos y emisiones es un paso hacia un desarrollo económico más sostenido (UNEP, 2015).

Varias técnicas complementarias entre sí deben aplicarse, si se quiere funcionar bajo el enfoque de PML:

- Mantenimiento: disposiciones adecuadas para evitar fugas y derrames de sustancias y productos, procedimientos de mantenimiento y prácticas para lograr un adecuado funcionamiento estandarizado.
- Cambio de los insumos: sustitución de insumos peligrosos o no renovables por materiales menos peligrosos o renovables; o materiales con una vida útil más larga.
- Mejor control de procesos: la modificación de los procedimientos de trabajo, manuales de instrucción para operación de maquinaria y el mantenimiento de registros para el funcionamiento de los procesos con mayor eficiencia, menores tasas de residuos y generación de emisiones;
- Modificaciones de equipos: modificación de los equipos de producción con el fin de ejecutar los procesos de mayor eficiencia y con mínima generación de contaminantes.
- Innovaciones en la tecnología de procesos: la sustitución de la tecnología, la secuencia de procesamiento y/o síntesis, buscando mayor eficiencia.
- Recuperación/Reutilización: la reutilización de los materiales consumidos en el proceso mismo o para otra aplicación útil dentro de la empresa.
- Aprovechamiento de subproductos útiles: la transformación de los residuos previamente desechados en materiales que pueden ser reutilizados o reciclados para otra aplicación fuera de la empresa.
- Modificación del producto: modificación de las características del producto con el fin de minimizar los impactos ambientales del producto durante o después de su uso (disposición) o reducir al mínimo los impactos ambientales de su producción.

La principal diferencia entre el control de la contaminación y la PML reside en el tiempo. El control de la contaminación se produce en tiempo pasado, con el planteamiento de 'reaccionar y tratar'. La PML mira hacia el futuro, 'anticipar y prevenir' es su filosofía. La centralización en corrientes específicas de residuos se sustituye por la centralización en procesos específicos de fabricación.

Por otra parte, la minimización de los residuos –identificación de un residuo producido y el plan para reducir su volumen y toxicidad– es un primer paso útil hacia la mejoría de la gestión de residuos peligrosos que puede traer algunos resultados rápidos y benéficos. En los procesos productivos, la PML conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de

todas las emisiones y los desechos, durante el proceso de producción. En los productos, se busca reducir los impactos negativos de éstos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto. En los servicios, la PML implica incorporar el quehacer ambiental en el diseño y la prestación de los mismos.

En este mismo contexto, los nuevos paradigmas de innovación y desempeño de muchas empresas integran a sus premisas de rentabilidad, eficiencia y competitividad el DS, con el fin de valorar el impacto ambiental de los procesos extractivos y productivos, lo que ha planteado el paradigma de la producción limpia. Este enfoque, concentrado en la prevención –más que en el control o abatimiento de las emisiones contaminantes– y en la eficiencia energética, ha sido promovido por organismos multilaterales como la PNUD, UNEP y la OEDC, así como muchas organizaciones no gubernamentales y empresas, y busca la ecoeficiencia (producir más con menos) y la reducción al mínimo de los impactos ambientales que a menudo implican los procesos industriales de extracción, manufactura o procesamiento de recursos naturales. La ecoeficiencia es uno de los movimientos más expandidos en la actualidad para colocar la necesaria y fundamental colaboración público-privada en el centro de las estrategias de sostenibilidad, en un contexto global de crecimiento económico y desarrollo de los mercados que va más allá de las fronteras nacionales (Leal, 2005).

Sin embargo, para las empresas industriales, la implantación de criterios y mecanismos de producción limpia acarrearán, por lo general, innovaciones en la cadena productiva que implican costos adicionales que muchas veces son altos, lo que genera una reducción de su retorno a la inversión. En muchos casos, es necesario el rediseño del proceso de producción, lo que requiere de mayores inversiones en investigación y desarrollo. Todo ello frena la toma de decisiones acerca de la aplicación de tales mecanismos (UNEP, 2915b).

La prevención de la contaminación consiste en el uso de procesos, prácticas y/o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen; es decir, que reducen o eliminan las sustancias contaminantes que podrían penetrar en cualquier corriente de residuos o emitirse al ambiente (incluyendo fugas), antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento en la eficiencia de su uso racional.

Una cosa en común de todos estos retos es la necesidad de un esfuerzo concertado y cooperativo para superarlos. En nuestro mundo interconectado, las cadenas de suministro están verdaderamente globalizadas. La extracción de recursos, la producción de insumos intermedios, la distribución, la comercialización, la eliminación de residuos y la reutilización de la mayoría de los productos tiene lugar en el entramado, a veces difuso, de las economías nacionales del mundo (UNEP, 2015b).

6.4 El manejo de los residuos: Reusar, Reciclar, Recuperar

Como uno de los problemas básicos de la producción y el consumo lo constituye la contaminación del medio ambiente con residuos de diversa índole (aguas usadas, gases, sustancias químicas, desechos sólidos, etc.) y como ciertos flujos de residuos cuya cantidad es imposible o difícil de reducir en su fuente de origen (por ejemplo, la sangre en un matadero de ganado vacuno; las plumas en un matadero de pollos; agua de refrigeración; y otros), no siempre es posible aplicar medidas de prevención de la contaminación y, por ende, es necesario recurrir a prácticas basadas en las tres R: reciclar, reusar y recuperar, cuyas definiciones genéricas más simples son las siguientes (Borrás, 2020):

- Reciclar: convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto.
- Reusar: utilizar un residuo, en un proceso, en el estado en el que se encuentre.
- Recuperar: aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo²³.

El reciclaje de residuos puede ser interno o externo. El reciclaje es interno cuando se lo practica en el ámbito de las operaciones que generan los residuos objeto de reciclaje. Cuando éste se practica como un reuso cíclico de residuos en la misma operación que los genera, se denomina “reciclaje en circuito cerrado”. El reciclaje externo se refiere a la utilización del residuo en otro proceso u operación diferente del que lo generó. Por otra parte, tanto el reciclaje como el reuso pueden efectuarse por recuperación.

Algunos ecologistas agregan otras cuatro R: Reflexionar, Rechazar, Reducir y Reclamar²⁴:

- Reflexionar: elegir bienes y servicios comprometidos con el medio ambiente, utilizar la bicicleta o el transporte público en lugar del coche privado, apoyar el uso de las energías

²³ <https://www.ecologiaverde.com/las-3r-reducir-reutilizar-y-reciclar-315.html>

²⁴ www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/.../11/.../197038.php

renovables y huir en lo posible del uso de combustibles fósiles, consumir alimentos frescos, de temporada y locales.

- Rechazar: los productos tóxicos, no biodegradables o no reciclables deben quedar fuera de la lista de compra. Este tipo de productos pueden estar en muchos ámbitos del hogar y, siempre que se pueda, hay que rechazar su uso y sustituirlos por otros más respetuosos con el medio ambiente.
- Reducir: el resultado es evidente: menos bienes, menos gastos, menos explotación de los recursos naturales y menos contaminación y residuos. No hay que dejar de consumir, sino hacerlo con cabeza. Antes de adquirir un nuevo producto, conviene preguntarse si de verdad es necesario.
- Reclamar: los consumidores pueden y deben tener una participación activa en las actividades que influyen en su vida cotidiana. La ley ampara la posibilidad de reclamar y exigir actuaciones que contribuyan a mejorar el medio ambiente y la calidad de vida de los ciudadanos.

6.5 La ecoeficiencia energética

Es indudable que actualmente la sociedad global es una sociedad energética. Virtualmente cada una de nuestras acciones implica un consumo de energía (trabajar, salir de paseo, ver TV o navegar por internet, preparar los alimentos...). No quiere decir esto que antes no se consumía energía, sino más bien que el consumo se ha incrementado geométricamente en los últimos 70 años, cuando se hizo ubicuo el uso de los combustibles fósiles. Sin embargo, en términos per cápita, el aumento del consumo total de energía primaria no se ha traducido en un acceso más equitativo a los servicios energéticos entre los países industrializados y las naciones en vías de desarrollo. Empero, en las naciones industrializadas, las subvenciones que fomentan el derroche de combustibles fósiles superaron los 500.000 millones de dólares (USD) en 2009 (IEA, 2021). De otra parte, existe una desproporcionada diferencia entre el consumo de los países desarrollados y las economías emergentes con respecto a los países del tercer mundo, especialmente de África y el Sudeste asiático, donde cerca de 1.300 millones de personas (aprox. 20% de la población mundial) carecen de acceso a la electricidad. Sin embargo, el consumo de energía se ha mantenido estacionario entre los países desarrollados, mientras que en los países emergentes y en desarrollo se ha disparado (AIE, 2021). Adicionalmente, en muchos de estos países, las fuentes bioenergéticas tradicionales (combustión de la madera y otros productos o residuos orgánicos) son altamente ineficientes y causantes de la contaminación del interior de los hogares y sus consecuencias para la salud. Está claro que se necesitará más energía para

impulsar el crecimiento económico mundial y ofrecer oportunidades a los miles de millones de personas de los países en desarrollo que no tienen acceso a unos servicios energéticos adecuados. Sin embargo, la cantidad de energía adicional requerida para satisfacer los servicios energéticos que se necesitarán en el futuro dependerá de la eficiencia con la que se produzca, se suministre y se utilice la energía (AIE, 2021).

La eficiencia energética se define como la habilidad de lograr objetivos productivos empleando la menor cantidad de energía posible. Es un componente clave en la transición hacia la PML, la cual se ha enfocado en fomentar el uso de energía limpia, esto es, la sustitución de los combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón, por biocombustibles u otras fuentes de energía (eólica, solar, hidráulica y geotérmica). Los biocombustibles como en el caso del etanol, obtenido a partir de la biomasa de caña de azúcar, el maíz y otros cultivos, o el biodiesel derivado de la palma aceitera o de la jathropa), efectivamente reducen la emisión de CO₂ y la contaminación de la atmósfera. No obstante, el uso de la tierra para la producción de biocombustibles atenta contra el secuestro de carbono que puede representar su uso, por ejemplo, en la producción forestal o en la producción de alimentos. El aporte de las fuentes de energía renovable (solar, viento, hidro)

Desde hace varios años se sabe que la eficiencia energética puede lograrse utilizando otros tipos de fuentes energéticas, entre las cuales se incluye también, el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante biodigestores, una alternativa poco explotada y muy eficiente para generar metano y butano, especialmente en áreas donde no llega el servicio eléctrico; y hay recientes experiencias parciales con el uso de microalgas para la producción de biodiesel, aunque se requiere mayor investigación y desarrollo tecnológico que permitan el escalamiento de su producción mediante procesos industriales competitivos (Mata *et al.*, 2010).

Ante el imperativo de reducir la emisión de CO₂ a la atmósfera, existe un creciente interés por el uso de las energías limpias. Por ejemplo, los colectores solares en techos se utilizan para producir agua caliente y la calefacción de ambientes en aproximadamente 80 millones de hogares en todo el mundo. La capacidad de aprovechamiento solar directo representa 185 giga watt térmicos (GWT) globalmente. En total, las energías renovables aportan cerca de 21% de la demanda mundial en 2020, proporción que ha venido creciendo paulatinamente en los últimos (AIE, 2021).

6.6 El consumo sustentable

El tránsito de la sociedad productiva a la sociedad del consumo se inició hace mucho tiempo. El consumo se ha constituido en una norma de existencia, y en la sociedad moderna el consumidor exige de las agencias y actores sociales la provisión de más y más bienes de consumo, inducido subliminalmente por los mecanismos de mercadeo masivo (consumismo). El desproporcionado consumo per cápita en los países ricos es el mayor problema actual de la sostenibilidad global.

Tradicionalmente, los estudiosos de la ecología social se han centrado en el consumo conspicuo, que está motivado por su posible influencia sobre otros miembros de la sociedad. Se ha sugerido que el consumo conspicuo cumple funciones socio-psicológicas, tales como la creación de identidad o reconocimiento de sus pares y puede incluir un símbolo de estatus, como coches caros o cierta ropa de marca de fábrica.

Más recientemente, la atención se ha desplazado hacia el consumo discreto. Esto se relaciona con conductas cotidianas, como bañarse, el lavado o el uso de tecnologías modernas de comunicación o el aire acondicionado. Tales actividades se refieren a los hábitos cotidianos que se dan por sentado o se expresan como "necesidades". La investigación de cómo estas prácticas se han convertido en necesidades revela que dan forma y han sido moldeadas por el desarrollo tecnológico. Por ejemplo, la aplicación generalizada de aire acondicionado en los países más ricos ha generado expectativas de temperaturas confortables en el interior, con independencia de las variaciones estacionales y la ubicación geográfica (Fischer *et al.*, 2012).

La definición más completa de consumo sustentable es la propuesta en el Simposio de Oslo en 1994 y adoptada por la tercera sesión de la Comisión para el Desarrollo Sustentable (CSD III) en 1995, y a ella se refieren los trabajos de investigación más recientes (Vargas-Merino, Rios-Lama, & Panez-Bendezú, 2023). Así, el consumo sustentable se definió como: *el uso de productos y servicios relacionados que responden a las necesidades básicas y promueven una mejor calidad de vida, al mismo tiempo que minimizan el uso de los recursos naturales y materiales tóxicos, tanto como la emisión de desechos y residuos contaminantes a lo largo del ciclo de vida de los productos, de manera de asegurar que no se están comprometiendo las necesidades de las generaciones futuras.*

Hess (2010) señala que en la actualidad esta concepción sigue teniendo plena vigencia, al punto que es utilizada por la Unión Europea la OECD y la red de organismos multilaterales. Sobre esta base, se han establecido numerosas iniciativas gubernamentales (nacionales y multilaterales) orientadas al establecimiento de políticas y normativas que faciliten la tarea nada fácil de cambiar

las actitudes valores y comportamientos de los consumidores, algunas de ellas relacionadas también con la producción limpia y la generación de productos con mayor vida útil y eficientes en términos de energía consumida.

Muchas experiencias locales o regionales en diversos países han mostrado ser efectivas, pero todavía se carece de instrumentos de política y regulaciones normativas que permitan un escalamiento significativo del consumo sustentable entre la mayoría de la población.

Es evidente que existe una definición ampliamente aceptada de consumo sostenible, y a menudo es tema de mucha discusión e interpretación. En términos generales, es un concepto paraguas con características complejas, por lo que definirlo de manera precisa y analítica implica atribuir valores específicos al escenario de estudio y las percepciones del individuo que lo analiza. En otras palabras, la vaguedad conceptual de SC le otorga flexibilidad interpretativa, lo que le permite adaptarse a diferentes escenarios (Vargas-Merino, Rios-Lama, & Panez-Bendezú, 2023).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559.
- Adamowicz, M. (2022). Green deal, green growth and green economy as a means of support for attaining the sustainable development goals. *Sustainability*, 14(10), 5901.
- Amin, S. (2006). The millennium development goals: A critique from the south. *Monthly Review*, 57(10), 1. https://scholar.google.co.ve/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=The+Millennium+Development+Goals%3A+A+Critique+from+the+South&btnG=
- Andrade P., Á. (Ed.). 2007. *Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica*. CEM-UICN. Bogotá, Colombia. 87p.
- Alessa, L., A. Kliskey and Altaweel, M. (2009). Towards a typology for social-ecological systems. *Sustainability: Science, practice & Policy*. 5(1):31-42.
- Bali Swain, R. & Yang-Wallentin, F. (2020) Achieving sustainable development goals: predicaments and strategies, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27:2, 96-06. DOI: 10.1080/13504509.2019.1692316
- Beddoe, R., R. Costanza, J. Farley, E. Garza, J. Kent, I. Kubiszewskia, L. Martinez ... Woodward, J. (2009). Overcoming systemic roadblocks to sustainability: The evolutionary redesign of worldviews, institutions, and technologies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(8), 2483-2489.
- Beddington, J. (2010). Food security: contributions from science to a new and greener revolution. *Phil. Trans. R. Soc. B*, N° 365:61–71
- Berkes, F., & Ross, H. (2016). Panarchy and community resilience: Sustainability science and policy implications. *Environmental Science & Policy*, 61, 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.004>.
- Bettencourt, L. M., & Kaur, J. (2011). Evolution and structure of sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19540-19545.

- Borrás, C (2020). Las 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar. *Ecología Verde*.
<https://www.ecologiaverde.com/las-3r-reducir-reutilizar-y-reciclar-315.html>
- Bradshaw C.J.A., Ehrlich P.R., Beattie A., Ceballos G., Crist E, Diamond J, Dirzo R, Ehrlich A. H., Harte J., Harte M. E., Pyke G., Raven P.H., Ripple W.J., Saltré F., Turnbull C., Wackernagel M and Blumstein D.T. (2021) Underestimating the Challenges of Avoiding a Ghastly Future. *Front. Conserv. Sci.* 1:615419. doi: 10.3389/fcosc.2020.615419
- CDB – Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2004). *Enfoque por Ecosistemas*, 50 p. (Directrices del CDB) Montreal, QC - Canada
- Chen, C., Chaudhary, A., & Mathys, A. (2020). Nutritional and environmental losses embedded in global food waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104912. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104912>
- Chen, S., Chen, D., Tan, Z., et al., (2022). Knowledge mapping of planetary boundaries based on bibliometrics analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(45), 67728-67750. <https://www.link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-22292-6#citeas>
- Clark, William C., and Harley, A. G. (2019). *Sustainability Science: Towards a Synthesis*. Sustainability Science Program Working Paper 2019-01, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, Cambridge, MA. <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:42574531>
- Costanza, R. (2020). Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability. *Ecosystem Services*, 43, 101096. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096>
- Crutzen, P.J. (2021). The 'Anthropocene' (2002). In: Benner, S., Lax, G., Crutzen, P.J., Pöschl, U., Lelieveld, J., Brauch, H.G. (eds) Paul J. Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth's History. *The Anthropocene: Politik—Economics—Society—Science*, vol 1. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82202-6_4
- Diaz-Lopez, C., Martin-Blanco, C., De la Torre Bayo, J. J., Rubio-Rivera, B., & Zamorano, M. (2021). Analyzing the scientific evolution of the sustainable development goals. *Applied Sciences*, 11(18), 8286.

- Dickens, C., McCartney, M., Tickner, D., Harrison, I. J., Pacheco, P., & Ndhlovu, B. (2020). Evaluating the global state of ecosystems and natural resources: within and beyond the SDGs. *Sustainability*, 12(18), 7381.
- Eriksson, M., Osowski, C. P., Björkman, J., Hansson, E., Malefors, C., Eriksson, E., & Ghosh, R. (2018). The tree structure—A general framework for food waste quantification in food services. *Resources, Conservation and Recycling*, 130, 140-151.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome, FAO
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la para la Alimentación y la Agricultura. (2011a). *Ahorrar para crecer* (on-line). Disponible en: <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/es/1/index.html>
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura: Tendencias y desafíos*. Roma. FAO.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture*. Report by FAO, Rome & the International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems research program of the CGIAR, Colombo.
- FAO. – Organización de las Naciones Unidas para la para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Roma. FAO.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2022). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0639es>
- Fischer, G., van Velthuis, H., Shah, M. & Nachtergaele, F. (2002). *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results*. Roma, International Institute for Applied Systems Analysis/Food and Agriculture Organization of the United Nations. 119p.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global environmental change*, 16(3), 253-267.

- Folke, C., Polasky, S., Rockström, J., Galaz, V., Westley, F., Lamont, M., ... & Walker, B. H. (2021). Our future in the Anthropocene biosphere. *Ambio*, 50, 834-869.
- Garnett, T., & Godfray, C. (2012). Sustainable intensification in agriculture. Navigating a course through competing food system priorities. Food climate research network and the Oxford Martin programme on the future of food, University of Oxford, UK, 51.
- Gómez-Baggethun, E. y de Groot, R. (2007). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, 16 (3):4-14.
- Govindan, K. (2018). Sustainable consumption and production in the food supply chain: A conceptual framework. *International Journal of Production Economics*, 195, 419-431.
- Gudynas E. (2011). Ambiente, sustentabilidad y desarrollo: una revisión de los encuentros y desencuentros. IN "Contornos educativos de la sustentabilidad", J. Reyes Ruiz y E. Castro Rosales (editores). México, Universidad de Guadalajara, Editorial Universitaria pp:109-144
- Gunders, D. and Bloom, J. (2017). Wasted: How America Is Losing Up to 40 Percent of Its Food From Farm to Fork to Landfill, NRDC, www.nrdc.org/sites/default/files/wasted-2017-report.pdf.Gustavsson et al. (2011)
- Hens, L., Block, C., Cabello-Eras, J. J., Sagastume-Gutierrez, A., Garcia-Lorenzo, D., Chamorro, C., ... & Vandecasteele, C. (2018). On the evolution of “Cleaner Production” as a concept and a practice. *Journal of cleaner production*, 172, 3323-3333.
- Hallinger, P., & Chatpinyakoo, C. (2019). A bibliometric review of research on higher education for sustainable development, 1998 – 2018. *Sustainability*, 11(8), 2401. doi:10.3390/su11082401
- Hess, D. (2010). Sustainable consumption and the problem of resilience. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 6(2), 26-37.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 109(9), 3232-3237.
- Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014). Humanity’s unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), 1114-1117.

- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). (2009). *Agriculture at a Crossroads*, global report. Washington, Island Press.
- International Energy Agency – IEA. (2021). *Key World Energy Statistics*. Paris, IEA/OEDC. 81p.
- IPBES (2019), *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Brondizio, E. S., Settele, J., Diaz, S., Ngo, H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1144 p. <https://www.ipbes.net/global-assessment>
- Jabareen, Y. (2008). A new conceptual framework for sustainable development. *Environ. Dev. Sustain.* 10:179–192.
- Jabareen, Y. (2009). Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(4): 49-62 <https://doi.org/10.1177/160940690900800406>
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D. E., Coscieme, L., Golden, A. S., ... & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science advances*, 8(45), eabm9982.
- Jeswani, H. K., Figueroa-Torres, G., & Azapagic, A. (2021). The extent of food waste generation in the UK and its environmental impacts. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 532-547. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.021>
- Kates, R., Parris T. M., and Leiserowitz. A. A. (2005). What is sustainable development? *Environment* 47 (3): 9-21. <http://www.environmentmagazine.org/Editorials/Kates-apr05-full.html>
- Khor, M. (2011). *Risks and uses of the green economy concept in the context of sustainable development, poverty and equity*. Geneva, SOUTH CENTRE. 43p. (Research Paper n° 40).
- Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is sustainability? *Sustainability*, 2(11), 3436-3448. <https://doi.org/10.3390/su2113436>

- López-Sánchez, A., Luque-Badillo, A. C., Orozco-Nunnally, D., ... & Gradilla-Hernández, M. S. (2021). Food loss in the agricultural sector of a developing country: Transitioning to a more sustainable approach. The case of Jalisco, Mexico. *Environmental Challenges*, 5, 100327. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100327>
- Leal, J. (2005). Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. Santiago de Chile, ONU/CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo N° 105. 82p
- Lovelock, J. (2007). La venganza de la Tierra: la teoría de Gaia y la evolución de la humanidad. Barcelona, Edit. Planeta, 249p.
- MacLaren, C., Mead, A., van Balen, D., Claessens, L., Etana, A., de Haan, J., ... & Storkey, J. (2022). Long-term evidence for ecological intensification as a pathway to sustainable agriculture. *Nature Sustainability*, 5(9), 770-779.
- Masera, D. (2002). Hacia un consumo sustentable. IN La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe. E. Leff, E. Ezcurra, I. Pisanty y P. Romero L. México, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)/PNUMA/UAM. pp:61-89.
- Mata, T. M., Martins, A. A., and Caetano, N. S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 14(1):217–232.
- Millennium Ecosystem Assessment – MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Current state and trends*. Washington, DC, Island Press. <http://www.maweb.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Miller, T. R., Wiek, A., Sarewitz, D., Robinson, J., Olsson, L., Kriebel, D., & Loorbach, D. (2014). The future of sustainability science: a solutions-oriented research agenda. *Sustainability science*, 9, 239-246.
- Montpellier Panel (2013). *Sustainable Intensification: A New Paradigm for African Agriculture*, London. Disponible en: www.ag4impact.org.
- Mosnier, A., Schmidt-Traub, G., Obersteiner, M. et al. (2023). How can diverse national food and land-use priorities be reconciled with global sustainability targets? Lessons from the FABLE initiative. *Sustain Sci* 18, 335–345. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01227-7>

- National Research Council. (1999). *Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9690>.
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological economics*, 60(3), 498-508. NRC, 2006).
- Olawumi, T. O., & Chan, D. W. (2018). A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development. *Journal of cleaner production*, 183, 231-250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.162>
- Ozili, P. K. (2022). Sustainability and Sustainable Development Research around the World. *Managing Global Transitions* 20(3): 259–293
- Persson, L., Carney Almroth, B. M., Collins, C. D., Cornell, S., De Wit, C. A., Diamond, M. L., ... & Hauschild, M. Z. (2022). Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environmental science & technology*, 56(3), 1510-1521.
- Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A. M., Kinengyere, A., ... & Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10), 809-820.
- PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2006). *Acuerdos Ambientales y Producción más Limpia*. Paris, Fr. UNEP/DTIE Production and Consumption Branch.
- Popper, K. (1992). *Un mundo de propensiones*. Madrid, Editorial Tecnos.
- Rammelt, C. F., Gupta, J., Liverman, D., Scholtens, J., Ciobanu, D., Abrams, J. F., ... & Zimm, C. (2023). Impacts of meeting minimum access on critical earth systems amidst the Great Inequality. *Nature Sustainability*, 6(2), 212-221.
- Raskin, P.; Banuri, T.; Gallopín, G.; Gutman, P.; Hammond, A.; Kates, R. & Rob Swart. (2006). *La gran transición: La promesa y la atracción del futuro*. NU/CEPAL-Stockholm Institute-Global Scenario Group. Chile, CEPAL.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2):32-41.

- Rockström, J., Sachs, J. D., Öhman, M. C., & Schmidt-Traub, G. (2013). Sustainable development and planetary boundaries. Background paper for the High-Level Panel of Eminent Persons on the Post-2015 Development Agenda. Sustainable Development Solutions Network. 46p.
- Rockström, J., Schellnhuber, H. J., Hoskins, B., Ramanathan, V., Schlosser, P., Brasseur, G. P., ... & Lucht, W. (2016). The world's biggest gamble. *Earth's Future*, 4(10), 465-470. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016EF000392>
- Rockström, Johan. (2015). Bounding the planetary future: Why we need a great transition. *Great Transition Initiative* 9, 1-13.
- Sachs, JD, Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M. et al. (2019). Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. *Nat Sustain* 2, 805–814 <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>
- Sachs, J. D., Lafortune, G. Fuller G. and Drumm, E. (2023) *Sustainable Development Report 2023: Implementing the SDG Stimulus*. Dublin, Ireland. Dublin University Press
- Sakao, T., Kanda, W., Esguerra, J. L., & Chiu, A. S. F. (2023). Beyond the global north: Adopting a global perspective for sustainable consumption and production. *Resources, Conservation and Recycling*, 193. 106905
- Salas-Zapata, W.A.; L. A. Ríos-Osorio y J. Álvarez-Del Castillo. (2012) Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socio-ecológicos. *Ecología Austral* 22:74-79.
- SELA – Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe. (2012). *La visión de la economía verde en América Latina y el Caribe*. Caracas-Venezuela, Secretaría Permanente del SELA. (SP/Di N° 1-12)
- Shaker, R. R. (2018). A mega-index for the Americas and its underlying sustainable development correlations. *Ecological indicators*, 89, 466-479.
- Sianes A., Vega-Muñoz A., Tirado-Valencia P., Ariza-Montes A. (2022) Impact of the Sustainable Development Goals on the academic research agenda. A scientometric analysis. *PLoS ONE* 17(3): e0265409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265409>

- Srinivas, Hari. (2015) Cleaner Production. IN "Sustainable Development: Concepts". GDRC Research Output E-008. Kobe, Japan: Global Development Research Center. Retrieved from <https://www.gdrc.org/sustdev/concepts.html>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Folke, C. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
- Steimann, B. (2011). The Millennium Development Goals and the Global (northern) Poverty Debate: A Short Review of Praise, Critique and Ways Forward. NCCR North-South. <https://www.nccr-northsouth.unibe.ch/Pages/default.aspx>
- Thonicke, K., Rahner, E., Arneith, A., Bartkowski, B., Bonn, A., Döhler, C., ... & van der Voort, H. (2022). 10 Must Knows from Biodiversity Science 2022. Liebens, PIK Postdam Institute for Climate Impact Resear
- TRS – The Royal Society. (2009). Reaping the benefits Science and the sustainable intensification of global agricultura. London. TRS.
- Trucost (2013) NATURAL CAPITAL AT RISK: The Top 100 Externalities of Business. London, Trucost PLC. 83p,
- UFZ & WWF (2020), Natural Capital in International Environmental Cooperation: Concepts and Applications. Report by UFZ–Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig; WWF Germany, Berlin. 96p.
- United Nations Environment Programme – UNEP. (2012). Global Environmental Outlook: environment for development (GEO-5). 525p.
- UNEP (2015a). Policy Coherence of the Sustainable Development Goals – An International Resource Panel Report. Nairobi, UNEP.
- UNEP (2015b). Sustainable Consumption and Production: a Handbook for Policymakers. Nairobi, UNEP.
- UNESCO/UN-Water, 2020: United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO.

- ONU (2022). Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022. Dep. de Análisis de Desarrollo Económico y Social, ONU, New York.
- van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L. et al. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nat Food* **2**, 494–501 <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>
- Vargas-Merino, J. A., Rios-Lama, C. A., & Panez-Bendezú, M. H. (2023). Sustainable Consumption: Conceptualization and Characterization of the Complexity of “Being” a Sustainable Consumer—A Systematic Review of the Scientific Literature. *Sustainability*, *15*(10), 8401.
- World Bank Group (2021). *Unlocking Nature-Smart Development*. Washington DC, World Bank.
- Waas, T., J. Hugé, A. Verbruggen and T. Wright. (2011). Sustainable Development: A Bird's Eye View. *Sustainability*, Vol. 3, pp:1637-1661.
- Wackernagel M. y W. Rees. (2001). *Nuestra huella ecológica: reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Madrid, Lom Ediciones, 207p.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and society*, *9*(2), 5.
- Wang, C., Ghadimi, P., Lim, M. K., & Tseng, M. L. (2019). A literature review of sustainable consumption and production: A comparative analysis in developed and developing economies. *Journal of cleaner production*, *206*, 741-754.
- Wu, J. and T. Wu, 2012. Sustainability indicators and indices. IN Christian N. Madu and C. Kuei (eds), *Handbook of Sustainable Management*. Imperial College Press, London. pp:65-86
- WWF. (2018). *Informe Planeta Vivo - 2018: Apuntando más alto*. Grooten, M. y Almond, R.E.A. (Eds). WWF, Gland, Suiza. WWF (2022)
- Xie, H., Huang, Y., Chen, Q., Zhang, Y., & Wu, Q. (2019). Prospects for agricultural sustainable intensification: A review of research. *Land*, *8*(11), 157. <https://doi.org/10.3390/land8110157>

Yamaguchi, N. U., Bernardino, E. G., Ferreira, M. E. C. et al. (2023). Sustainable development goals: a bibliometric analysis of literature reviews. *Environ Sci Pollut Res* **30**, 5502–5515. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24379-6>

Zeng, Y., Maxwell, S., Runting, R. K. et al. (2020). Environmental destruction not avoided with the Sustainable Development Goals. *Nat Sustainability*, 3,795–798 <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0555-0>



ISBN: 978-9942-960-89-4



9 789942 960894