



PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD

Fundamentos y
perspectivas de desarrollo

Juan Mejía Trejo



PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD

**Fundamentos y perspectivas de
desarrollo**

Juan Mejía Trejo



Scientia et Praxis

AMIDI
Academia Mexicana
de Investigación y Docencia
en Innovación

[Escriba aquí]

Este libro fue sometido a un proceso de dictamen por pares de acuerdo con las normas establecidas por el Comité Editorial de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Innovación (AMDI)



Esta obra se encuentra bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0), de Creative Commons. Usted puede descargar esta obra y distribuir en cualquier medio o formato dando crédito a los autores, pero no se permite su uso comercial ni la generación de obras derivadas

Primera edición, 2025

D.R. © Academia Mexicana de
Investigación y Docencia en
Innovación (AMIDI)

Av. Paseo de los Virreyes 920.
Col. Virreyes Residencial
C.P. 45110, Zapopan, Jalisco

eISBN: 978-607-26875-7-8

Hecho y editado en México
Made and edited in Mexico

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA SOSTENIBILIDAD	3
Origen y evolución del concepto de sostenibilidad	4
La Conferencia de Estocolmo de 1972: génesis de la agenda ambiental global	5
La creación del PNUMA	6
Repercusiones e influencias posteriores	6
Aportes conceptuales y críticas	7
De Estocolmo a Brundtland.....	7
Contexto histórico y político del Informe Brundtland	7
La definición clásica de desarrollo sostenible.....	8
Dimensiones y principios del Informe Brundtland	8
Críticas al Informe Brundtland.....	9
Influencia en la agenda internacional.....	9
De Brundtland a Río	10
Contexto político y global en 1992	10
Resultados principales de la Cumbre de Río.....	11
Limitaciones y críticas a Río 1992	12
Influencia de Río en la agenda posterior	12
Relecturas contemporáneas de la Cumbre de Río	13
De la conceptualización a la implementación	13
El enfoque de la OCDE en 2001: políticas para la sostenibilidad.....	14
La sostenibilidad como marco comparativo internacional.....	14
Críticas al enfoque de la OCDE	15
La construcción histórica de la sostenibilidad	15
Relecturas contemporáneas de los orígenes.....	16
La CMNUCC como arquitectura planetaria del clima	17
Los años fundacionales (1992–1997): de la esperanza de Río al compromiso de Kioto	17
De la implementación técnica al debate político (1998–2004)	17
2005–2012: De la entrada en vigor de Kioto al amanecer del Acuerdo de París	18
2013–2015: París, el nuevo contrato social del clima	19
2016–2020: De la ambición política a la reglamentación técnica	20
2021–2025: Evaluación global, financiamiento y justicia climática.....	20
Balance histórico: una diplomacia de la supervivencia	21
Conclusiones.....	22
CAPÍTULO 2. MARCOS NORMATIVOS Y POLÍTICAS PÚBLICAS	29
Instrumentos normativos y jurídicos en sostenibilidad.....	30
El Protocolo de Kioto: avances y limitaciones	32
El Acuerdo de París: hacia un modelo híbrido de gobernanza	34
Políticas públicas y cooperación internacional	35
La OCDE y la institucionalización de la sostenibilidad en políticas públicas	35
La UNESCO y la dimensión educativa, cultural y científica de la sostenibilidad	36
Financiamiento y cooperación internacional como inversión estratégica en resiliencia	37
El Foro Económico Mundial y la sostenibilidad como riesgo global	38
Retos contemporáneos y perspectivas hacia 2050.....	39

Crisis múltiples y escenarios disruptivos	39
Nuevos marcos teóricos para la transición sostenible	40
Resiliencia organizacional y cadenas de suministro sostenibles	41
Conclusiones.....	43
CAPÍTULO 3. INNOVACIÓN DE MODELOS DE NEGOCIO SOSTENIBLES Y POLÍTICAS DE RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL	45
Fundamentos conceptuales de la innovación en modelos de negocio sostenibles	46
Dinámicas organizacionales y capacidades para la sostenibilidad	47
Colaboración y escalamiento de la innovación sostenible	48
Impactos sociales y desafíos de implementación.....	49
Marcos globales para la responsabilidad empresarial y la inversión sostenible	50
Lineamientos internacionales de la OECD sobre conducta empresarial responsable.....	51
Inversión sostenible y marcos de financiamiento responsable	52
Marcos de acción global: el Pacto Global de Naciones Unidas	53
Políticas industriales sostenibles y construcción de capacidades	54
Educación, cultura y sostenibilidad organizacional	55
Cultura organizacional y liderazgo transformacional	56
Aprendizaje interorganizacional y colaboración para la sostenibilidad	57
Innovación cultural y retos de legitimidad	57
Gobernanza policéntrica y justicia climática	58
Marcos teóricos de transición y transformaciones socio-técnicas.....	59
Resiliencia organizacional y cadenas de suministro sostenibles	60
Prospectiva hacia 2050: escenarios de transformación y cambio cultural.....	61
Conclusiones.....	62
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD	66
Evolución histórica y fundamentos conceptuales del análisis de ciclo de vida	67
Tendencias metodológicas y perspectivas futuras en la LCA de gestión de residuos sólidos	68
Aplicaciones en el sector de la construcción y el diseño de edificaciones sostenibles	70
Innovaciones digitales y marcos integrados en LCA contemporáneo	71
Aplicación de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) en sectores estratégicos para la sostenibilidad	72
LCA en el sector energético: transiciones y escenarios de descarbonización	73
LCA en transporte y movilidad sostenible	73
LCA en la industria manufacturera y eco-industrial parks.....	74
LCA en agricultura y sistemas alimentarios sostenibles	75
Integración de tecnologías digitales en la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)	76
Big data e inteligencia artificial aplicados a la LCA	77
IoT y trazabilidad digital para cadenas de valor sostenibles.....	77
Blockchain y transparencia en sistemas de evaluación	78
Plataformas digitales colaborativas y educación para la sostenibilidad.....	79
Prospectiva hacia 2050: escenarios de transformación y cambio cultural	79
Gobernanza policéntrica y justicia climática	80
Marcos teóricos de transición y transformaciones socio-técnicas.....	81
Resiliencia organizacional y cadenas de suministro sostenibles	82
Cambio cultural y escenarios de sostenibilidad hacia 2050	82
Conclusiones.....	83

CAPÍTULO 5. RETOS Y PERSPECTIVAS DE LA SOSTENIBILIDAD	86
Justicia ambiental y sostenibilidad global.....	88
Fundamentos teóricos y conceptuales de la justicia ambiental	89
Justicia ambiental en acuerdos internacionales	90
Actores no estatales y justicia ambiental	92
Retos y perspectivas hacia 2050.....	93
Crisis climática y pérdida de biodiversidad: límites planetarios y riesgos globales	94
Biodiversidad y riesgo sistémico	95
Interacción de políticas públicas.....	96
Innovación tecnológica y digitalización para la sostenibilidad.....	97
Tecnologías verdes y transición energética.....	97
Digitalización y herramientas de monitoreo ambiental	98
Inteligencia artificial, big data y justicia climática	99
Ecosistemas de innovación y cooperación internacional	100
Gobernanza policéntrica, justicia climática y cooperación global hacia 2050.....	101
Gobernanza policéntrica y sostenibilidad global	101
Justicia climática y equidad intergeneracional	102
Cooperación internacional en tiempos de crisis múltiples.....	103
Escenarios de transformación	104
Conclusiones.....	104
REFERENCIAS.....	108

INTRODUCCIÓN

El siglo XXI se distingue por la urgencia de replantear el vínculo entre humanidad y naturaleza bajo un principio rector: la sostenibilidad. Este concepto, que ha evolucionado desde una preocupación ambiental hasta un paradigma integral de desarrollo humano, económico y ecológico, representa hoy el eje de las transformaciones globales. La presente obra, *Principios de Sostenibilidad: Fundamentos y Perspectivas de Desarrollo*, ofrece una visión amplia, rigurosa y crítica sobre la génesis, evolución y proyección de la sostenibilidad, articulando los aportes de organismos internacionales, marcos normativos, metodologías aplicadas y retos contemporáneos.

Cada capítulo ha sido diseñado para guiar al lector en un recorrido progresivo que parte de los fundamentos teóricos hasta llegar a las perspectivas prácticas y los desafíos futuros de la sostenibilidad.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA SOSTENIBILIDAD

El primer capítulo reconstruye el origen histórico y epistemológico del concepto de sostenibilidad, analizando su surgimiento a partir de la Conferencia de Estocolmo de 1972, la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (**PNUMA**) y la influencia posterior del **Informe Brundtland** (1987). Asimismo, examina los hitos de la Cumbre de Río de 1992 y los aportes de la OCDE (2001), que consolidaron un enfoque comparativo internacional. Este recorrido revela cómo la sostenibilidad pasó de ser una idea emergente a convertirse en un paradigma global que integra dimensiones sociales, económicas y ambientales, sustentado en principios como la equidad intergeneracional, la justicia ambiental y la resiliencia institucional.

CAPÍTULO 2. MARCOS NORMATIVOS Y POLÍTICAS PÚBLICAS

En este capítulo se aborda la construcción de la sostenibilidad desde su dimensión jurídica y política. Se examinan los instrumentos normativos internacionales, como el **Convenio de Viena** (UNEP,1985), el **Protocolo de Montreal** (UNEP,1987), el **Protocolo de Kioto** (1997) y el **Acuerdo de París** (2015), los cuales representan distintos momentos de la gobernanza ambiental global. También se analizan las contribuciones de la **OCDE** en el diseño de políticas públicas sostenibles, de la **UNESCO** en la educación y la cultura para la sostenibilidad, y del Foro Económico Mundial en la incorporación de la sostenibilidad a la agenda de riesgos y competitividad empresarial. El capítulo concluye con una reflexión prospectiva hacia 2050, donde se plantean los desafíos de articular justicia climática, resiliencia organizacional y cooperación internacional en un contexto de crisis múltiples.

CAPÍTULO 3. INNOVACIÓN DE MODELOS DE NEGOCIO SOSTENIBLES Y POLÍTICAS DE RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL

Este capítulo centra su atención en la intersección entre sostenibilidad, innovación y gestión empresarial. Se examinan los fundamentos conceptuales de la innovación en modelos de negocio sostenibles, las dinámicas organizacionales, y las capacidades institucionales requeridas para la transición ecológica. A lo largo del texto se presentan los marcos globales de responsabilidad empresarial como las directrices de la **OCDE**, el Pacto Global de Naciones Unidas, y los enfoques de inversión sostenible. También se destacan los elementos de cultura organizacional, liderazgo transformacional y aprendizaje interorganizacional, que permiten generar entornos corporativos más resilientes y socialmente responsables. Finalmente, el capítulo ofrece una prospectiva hacia 2050, donde la innovación cultural y la gobernanza policéntrica se proyectan como claves para la transformación sostenible.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD

El cuarto capítulo presenta los enfoques científicos y técnicos que permiten medir, evaluar y gestionar la sostenibilidad en distintos sectores productivos. Se destaca la Evolución histórica y fundamentos del Análisis de Ciclo de Vida (**LCA**) como herramienta de evaluación integral, y su aplicación en áreas como la construcción, la energía, el transporte, la agricultura y la manufactura. Asimismo, se analizan las innovaciones tecnológicas que han potenciado el **LCA** contemporáneo, incluyendo el uso de big data, inteligencia artificial, Internet de las cosas (**IoT**) y blockchain para fortalecer la trazabilidad, la transparencia y la eficiencia ambiental en las cadenas de valor. El capítulo culmina con una visión prospectiva hacia 2050, donde la gobernanza policéntrica, la resiliencia organizacional y el cambio cultural se consolidan como fundamentos de la sostenibilidad integral.

CAPÍTULO 5. RETOS Y PERSPECTIVAS DE LA SOSTENIBILIDAD

El último capítulo ofrece una mirada hacia el futuro, analizando los grandes desafíos que enfrentará la sostenibilidad global en el horizonte de 2050. Se abordan temas como la justicia ambiental, la pérdida de biodiversidad, la crisis climática y la necesidad de transiciones energéticas justas. Además, se examina el papel de la innovación tecnológica, la digitalización y la inteligencia artificial en la búsqueda de soluciones para mitigar los efectos del cambio climático. A través de una reflexión multidisciplinaria, el capítulo invita a comprender la sostenibilidad como un proceso dinámico de adaptación y transformación cultural, en el que convergen la cooperación internacional, la equidad intergeneracional y la gobernanza global.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE LA SOSTENIBILIDAD



El concepto de sostenibilidad no surgió de manera súbita, sino como resultado de un proceso histórico en el que confluyeron preocupaciones ambientales, transformaciones económicas y demandas sociales a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. En este periodo, el crecimiento industrial y el auge del comercio internacional generaron un progreso material sin precedentes, pero también visibilizaron límites ecológicos y desigualdades globales que cuestionaron la viabilidad del modelo de desarrollo vigente (Carson, 1962; Meadows et al., 1972). La emergencia de problemas como la contaminación urbana, la deforestación y la pérdida de biodiversidad fue acompañada por una creciente movilización científica y ciudadana que reclamaba nuevas formas de relación entre la humanidad y el medio natural.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, marcó el inicio formal de la agenda ambiental internacional y sentó las bases de una institucionalidad global al crear el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (**PNUMA**) (United Nations, 1972). Sin embargo, las tensiones Norte–Sur revelaron que la protección ambiental debía articularse con las demandas de equidad y justicia social, dando paso a la noción incipiente de sostenibilidad como

equilibrio entre crecimiento económico, bienestar social y protección ecológica (Zavala-Alcívar, Verdecho, & Alfaro-Saiz, 2020).

El **Informe Brundtland** (1987) consolidó este marco conceptual al definir el desarrollo sostenible como “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras” (World Commission on Environment and Development, 1987, p. 41). Esta definición, aunque criticada por su amplitud, se convirtió en un referente global al introducir principios de equidad intergeneracional, justicia social e integración de políticas ambientales y económicas (Weber, 2023). Posteriormente, la Cumbre de Río de 1992 tradujo estas ideas al plano político mediante la Agenda 21 y convenios internacionales sobre biodiversidad y cambio climático, inaugurando la etapa de la sostenibilidad como agenda transversal de cooperación global (United Nations, 1992).

Finalmente, a inicios del siglo XXI, organismos como la OCDE aportaron un enfoque técnico-operativo que permitió medir y comparar el desempeño de los países mediante indicadores y políticas específicas (OECD, 2001). En conjunto, estos hitos muestran que la sostenibilidad evolucionó desde una alerta ambiental inicial hacia un paradigma normativo, político y operativo que hoy estructura la gobernanza global frente a crisis múltiples —climáticas, sociales y económicas— (Petrović et al., 2023; Sachs et al., 2024).

Origen y evolución del concepto de sostenibilidad

La segunda mitad del siglo XX estuvo marcada por un crecimiento económico acelerado, impulsado por la reconstrucción posbélica, la industrialización y la expansión del comercio internacional. Si bien este proceso trajo consigo una mejora notable en los niveles de vida en muchas regiones, también generó nuevos problemas ambientales de escala global. La contaminación atmosférica en las ciudades industriales, los derrames de petróleo, la deforestación y la pérdida de biodiversidad comenzaron a visibilizar los límites del modelo de desarrollo vigente. En paralelo, surgieron movimientos sociales y científicos que denunciaron los impactos negativos de un crecimiento desregulado.

En este contexto, los debates ambientales trascendieron del ámbito científico al político, configurando la necesidad de un foro internacional que abordara de manera integral la relación entre desarrollo y medio ambiente. Este proceso desembocó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, que dio origen a la agenda ambiental global contemporánea (United Nations, 1972).

La preocupación ambiental contemporánea tiene raíces en publicaciones y movimientos sociales previos a Estocolmo. En 1962, la bióloga Rachel Carson publicó *Silent Spring*, obra que documentaba los efectos devastadores de pesticidas como el DDT en aves y ecosistemas enteros. Este libro se convirtió en un punto de partida para la conciencia ambiental moderna, al advertir sobre la interconexión entre salud humana, naturaleza y tecnología.

Una década después, en 1972, el Club de Roma publicó el informe *The Limits to Growth* (Meadows et al, 1972) que utilizaba modelos de dinámica de sistemas para proyectar escenarios de colapso económico y ambiental si continuaban las tendencias de crecimiento demográfico e industrial. El informe planteó la idea de límites planetarios, señalando que el desarrollo humano debía reconocer la finitud de los recursos naturales. Estas ideas alimentaron el debate que motivó la convocatoria a Estocolmo.

Autores como Zabaniotou (2020) han señalado que esta etapa histórica marcó el nacimiento de una visión sistémica de la resiliencia: se comprendió que los sistemas ecológicos, económicos y sociales eran interdependientes y que el deterioro ambiental afectaba inevitablemente la estabilidad política y económica. Esta perspectiva sería retomada décadas después en enfoques integrados de sostenibilidad.

La Conferencia de Estocolmo de 1972: génesis de la agenda ambiental global

La Conferencia de Estocolmo, celebrada del 5 al 16 de junio de 1972, reunió a 113 países, 19 organismos intergubernamentales y más de 400 organizaciones no gubernamentales. Fue el primer intento de establecer un consenso internacional sobre medio ambiente y desarrollo, y su importancia histórica radica en haber colocado los asuntos ambientales en la agenda de la ONU al más alto nivel (United Nations, 1972).

El resultado central de la conferencia fue la adopción de la Declaración de Estocolmo, que contenía 26 principios fundamentales. Entre ellos, el más citado es el que establece que *“el hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, la igualdad y a condiciones de vida adecuadas, en un medio ambiente cuya calidad le permita vivir con dignidad y bienestar”* (United Nations, 1972, p. 3). Este principio marcó el inicio del reconocimiento del medio ambiente como parte de los derechos humanos fundamentales.

Otros principios destacaban la necesidad de una planificación racional de los recursos, la cooperación internacional para enfrentar problemas transfronterizos, y la

responsabilidad de los Estados en evitar daños ambientales a otros países. Estos enunciados siguen siendo referencias normativas en las discusiones ambientales actuales.

La creación del PNUMA

Uno de los mayores logros de Estocolmo fue la creación en 1972, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (**PNUMA**), con sede en Nairobi. El **PNUMA** se convirtió en el organismo especializado encargado de coordinar las acciones ambientales dentro del sistema de la ONU. Su establecimiento reflejó el consenso en torno a la necesidad de una institucionalidad global para la gobernanza ambiental (United Nations, 1972).

Sin embargo, la conferencia también puso de manifiesto divisiones profundas entre países desarrollados y en desarrollo. Mientras los primeros buscaban establecer límites estrictos a la industrialización y el consumo energético, los segundos denunciaban que tales restricciones podían convertirse en una forma de perpetuar la desigualdad económica. El debate sobre la responsabilidad diferenciada de los países en materia ambiental emergió con fuerza en Estocolmo y se consolidaría en los acuerdos de **Río** 1992 (United Nations, 1992).

Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) señalan que esta tensión anticipó la necesidad de pensar la sostenibilidad como un equilibrio entre eficiencia económica, justicia social y protección ecológica, abriendo camino a modelos de gestión resiliente de recursos y cadenas de valor.

Repercusiones e influencias posteriores

La importancia de Estocolmo no se limitó a su declaración y a la creación del **PNUMA**. El evento abrió un nuevo paradigma en la política internacional, en el que la sostenibilidad emergió como concepto en construcción. El **Informe Brundtland** (1987) retomaría las discusiones de Estocolmo para formular la definición clásica de desarrollo sostenible: satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las futuras generaciones (World Commission on Environment and Development, 1987, p. 41).

Posteriormente, la Cumbre de **Río** (1992) consolidó esta visión con la Agenda 21, un plan de acción global para vincular medio ambiente y desarrollo económico (United Nations, 1992). Como señalan Scordato et al. (2024), el concepto de sostenibilidad

pasó entonces de ser un ideal normativo a una estrategia de transición estructural, que integra cambios tecnológicos, sociales y políticos.

Aportes conceptuales y críticas

Si bien Estocolmo representó un avance histórico, también enfrentó limitaciones. En primer lugar, los principios de la Declaración no eran jurídicamente vinculantes, lo que redujo su impacto en las políticas nacionales. En segundo lugar, las tensiones Norte–Sur limitaron la cooperación financiera. No obstante, el proceso marcó el inicio de un cambio cultural global, al reconocer que el medio ambiente debía ocupar un lugar central en las agendas de desarrollo.

Weber (2023) interpreta Estocolmo como el momento fundacional de la resiliencia organizacional aplicada a la sostenibilidad, ya que por primera vez se planteó la necesidad de que las instituciones económicas y políticas se adaptaran a los límites ambientales. Petrović et al. (2023) complementan esta visión señalando que Estocolmo inició una dinámica de transiciones sostenibles, en la que la innovación tecnológica debía integrarse a los procesos sociales y políticos.

De Estocolmo a Brundtland

La Conferencia de Estocolmo (1972) abrió la puerta a la cooperación internacional en torno a la problemática ambiental, pero aún carecía de un concepto integrador capaz de vincular medio ambiente y desarrollo. En los quince años siguientes, la comunidad internacional enfrentó múltiples crisis —energéticas, sociales y ambientales— que evidenciaron la necesidad de un nuevo paradigma.

En este marco, la Asamblea General de las Naciones Unidas creó en 1983 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (**WCED**), presidida por la primera ministra noruega **Gro Harlem Brundtland**. La Comisión trabajó durante cuatro años y en 1987 publicó el informe *Our Common Future*, conocido como Informe Brundtland, considerado uno de los documentos más influyentes en la construcción del concepto de desarrollo sostenible (WCED, 1987).

Contexto histórico y político del Informe Brundtland

El **Informe Brundtland** surgió en una coyuntura compleja. En los años setenta, el mundo había experimentado las crisis del petróleo (1973 y 1979), que pusieron en evidencia la vulnerabilidad de los sistemas energéticos y la dependencia de

combustibles fósiles. Al mismo tiempo, crecían los movimientos sociales que demandaban justicia ambiental y equidad entre países desarrollados y en desarrollo.

La década de los ochenta estuvo marcada por una mayor conciencia de los problemas globales: cambio climático incipiente, desertificación, deforestación de la Amazonía, pérdida acelerada de biodiversidad y contaminación transfronteriza. Estos fenómenos generaron la necesidad de articular un marco conceptual que trascendiera la visión ambientalista clásica para integrar la dimensión económica y social.

Como subraya Sachs et al. (2024), fue precisamente en este período cuando se empezó a reconocer que las soluciones a los problemas globales no podían limitarse a políticas nacionales aisladas, sino que requerían un marco de cooperación internacional y de visión sistémica.

La definición clásica de desarrollo sostenible

El aporte más conocido del **Informe Brundtland** es su definición de desarrollo sostenible: *“El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”* (WCED, 1987, p. 41).

Esta formulación se convirtió en un referente universal por tres razones:

- Introdujo la idea de equidad intergeneracional, es decir, la responsabilidad ética hacia las generaciones futuras.
- Reconoció la necesidad de atender las necesidades básicas de la población actual, en particular de los pobres del mundo.
- Propuso un equilibrio dinámico entre crecimiento económico, justicia social y sostenibilidad ambiental, los tres pilares que hasta hoy estructuran el concepto.

Weber (2023) sostiene que esta definición permitió que la sostenibilidad se convirtiera en un concepto paraguas, lo suficientemente flexible para ser adoptado por organismos internacionales, gobiernos, empresas y sociedad civil, aunque también abrió debates sobre su vaguedad conceptual.

Dimensiones y principios del Informe Brundtland

El **Informe Brundtland** (WCED, 1987) fue más allá de una simple definición. Planteó principios rectores que ampliaban el horizonte de la sostenibilidad:

- Satisfacción de necesidades básicas: acceso universal a agua, alimentación, salud, educación y empleo.
- Limitaciones ecológicas: el desarrollo debía reconocer los límites biofísicos del planeta.
- Equidad intra e intergeneracional: justicia no solo entre generaciones futuras y presentes, sino también entre países ricos y pobres.
- Integración de políticas: la sostenibilidad debía permear todas las políticas públicas, desde lo económico hasta lo social y ambiental.
- Participación ciudadana: se promovía el derecho de las comunidades a involucrarse en la toma de decisiones.

Petrović et al. (2023) destacan que estos principios sentaron las bases de los actuales marcos de transición sostenible, que buscan transformar simultáneamente sistemas tecnológicos, económicos y sociales.

Críticas al Informe Brundtland

A pesar de su influencia, el **Informe Brundtland** recibió críticas importantes:

- Ambigüedad conceptual: su definición era amplia y podía ser interpretada de múltiples formas, lo que permitía su adopción incluso por actores que no necesariamente modificaban sus prácticas.
- Enfoque en el crecimiento: algunos críticos señalaron que el Informe mantenía la idea de crecimiento económico como meta central, aunque bajo nuevas condiciones (Weber, 2023).
- Falta de operacionalización: no ofrecía métricas claras ni mecanismos de implementación, lo que dificultó su aplicación práctica en políticas concretas.

Scordato et al. (2024) argumentan que, sin embargo, esa misma flexibilidad permitió que el concepto trascendiera y se convirtiera en un punto de consenso global.

Influencia en la agenda internacional

El **Informe Brundtland** influyó directamente en la organización de la **Cumbre de Río** (1992), donde se adoptó la Agenda 21 y se firmaron la Convención Marco sobre Cambio Climático y el Convenio sobre Diversidad Biológica (United Nations, 1992). Estocolmo había abierto el camino, pero fue **Brundtland** el que proporcionó el marco conceptual para estas negociaciones.

Asimismo, organismos como la OCDE (2001) retomaron el concepto para diseñar políticas de sostenibilidad basadas en indicadores comparables y en el fomento de la innovación tecnológica. Sachs et al. (2024) señalan que los reportes actuales de sostenibilidad, como el Sustainable Development Report, son herederos directos del marco conceptual propuesto por el **Informe Brundtland**.

De Brundtland a Río

El **Informe Brundtland** (1987) había introducido la definición fundacional de desarrollo sostenible, articulando las dimensiones ambiental, social y económica bajo un marco ético de equidad intergeneracional (WCED, 1987). Sin embargo, esta definición requería de un espacio político global capaz de transformarla en compromisos y planes de acción.

Ese espacio llegó con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, conocida también como la Cumbre de la Tierra. Con la participación de 178 países y más de 100 jefes de Estado, se trató de uno de los encuentros internacionales más importantes de finales del siglo XX (United Nations, 1992).

La **Cumbre de Río** fue histórica porque trasladó la sostenibilidad desde un plano conceptual —el de **Brundtland**— hacia un marco político internacional, donde gobiernos, organismos multilaterales, empresas y sociedad civil discutieron el futuro del planeta. Sachs et al. (2024) sostienen que **Río** fue el momento en que la sostenibilidad dejó de ser un ideal para convertirse en una agenda transversal de desarrollo humano.

Contexto político y global en 1992

La Cumbre de **Río** se celebró en un contexto internacional particular: la caída del bloque soviético y el fin de la Guerra Fría abrían una nueva etapa de cooperación global. Además, la globalización económica avanzaba con fuerza, pero también se intensificaban los problemas ambientales: deforestación amazónica, desertificación en África, contaminación de mares y la creciente evidencia del cambio climático.

La **Convención de Viena** (1985) y el **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987) habían mostrado que era posible lograr acuerdos internacionales vinculantes para la protección de la capa de ozono. **Río** buscaba replicar ese modelo en otros problemas globales. Como señalan Scordato et al. (2024), la Cumbre reflejaba el consenso

emergente de que los desafíos ambientales exigían transiciones sistémicas y no medidas aisladas.

Resultados principales de la Cumbre de Río

La Cumbre de **Río** produjo varios documentos clave que marcaron el rumbo de la política ambiental global:

1. Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo

Constó de 27 principios, entre los cuales destacan:

- a. El reconocimiento de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, estableciendo que los países desarrollados tienen una mayor responsabilidad en la crisis ambiental por sus emisiones históricas (Principio 7).
- b. El derecho de las personas a participar en la toma de decisiones ambientales (Principio 10).
- c. El principio precautorio, que señala que la falta de certeza científica no debe usarse como excusa para postergar medidas de protección ambiental (Principio 15).

Estos principios ampliaron los establecidos en Estocolmo (United Nations, 1972) y operacionalizaron la visión de Brundtland (WCED, 1987).

2. Agenda 21

Se trata de un plan de acción global de 40 capítulos que abarca desde la lucha contra la pobreza hasta la gestión sostenible de los bosques y océanos. La Agenda 21 fue el intento más ambicioso hasta ese momento de vincular desarrollo económico, justicia social y sostenibilidad ambiental en un documento programático (United Nations, 1992).

Incluyó capítulos sobre la participación de actores no estatales, reconociendo que empresas, ONGs y comunidades locales tenían un papel clave en la implementación de la sostenibilidad.

3. Convenios internacionales

En **Río** también se adoptaron dos tratados fundamentales:

- a. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que posteriormente daría origen al **Protocolo de Kioto** (1998) y al **Acuerdo de París** (2015).

- b. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), que buscaba detener la pérdida de especies y ecosistemas.

Estos tratados marcaron el inicio de un proceso de gobernanza ambiental global con compromisos vinculantes. Además, se adoptó un documento no vinculante sobre la gestión de los bosques, que sentó las bases de iniciativas posteriores como REDD+.

4. La participación de actores no estatales

La Cumbre de **Río** también fue histórica por la magnitud de la participación social. Más de 2,400 representantes de **ONGs** asistieron al Foro Global paralelo, donde se debatieron alternativas desde la sociedad civil. Este involucramiento marcó un antes y un después en la inclusión de actores no estatales en las negociaciones internacionales.

Zabaniotou (2020) interpreta este hito como un momento de construcción de resiliencia social, en el que las comunidades empezaron a reclamar un papel central en la gestión de sus territorios. Zavala-Alcívar et al. (2020) agregan que este tipo de participación es esencial para construir cadenas de valor resilientes, donde la sostenibilidad no depende solo de acuerdos gubernamentales, sino de la cooperación multi-actor.

Limitaciones y críticas a Río 1992

Pese a su relevancia, la Cumbre de **Río** tuvo limitaciones importantes:

- La Agenda 21 no era vinculante, lo que dificultó su implementación real.
- Los mecanismos de financiamiento para países en desarrollo fueron insuficientes, reavivando las tensiones Norte–Sur.

El principio de responsabilidades diferenciadas generó conflictos en las negociaciones climáticas posteriores, al enfrentar la posición de Estados Unidos con la de países emergentes como China e India.

Weber (2023) señala que estas debilidades reflejan la dificultad de pasar de un marco conceptual a políticas efectivas, y que la resiliencia institucional de los acuerdos dependía de la voluntad política.

Influencia de Río en la agenda posterior

La Cumbre de **Río** fue un punto de inflexión. Su influencia se reflejó en:

- La creación de procesos de seguimiento como la Comisión de Desarrollo Sostenible de la ONU.
- La institucionalización del concepto de desarrollo sostenible en políticas nacionales y multilaterales.
- La preparación de nuevas cumbres: Johannesburgo (2002), **Río+20** (2012) y la Agenda 2030 (2015).

Petrović et al. (2023) afirman que **Río** inauguró una dinámica de transición sostenible, al articular innovación tecnológica, gobernanza y cambios culturales en una misma agenda. Sachs et al. (2024) sostienen que sin **Río** no habría sido posible construir un marco global como los **ODS**, que hoy guían el desarrollo humano.

Relecturas contemporáneas de la Cumbre de Río

Hoy, más de tres décadas después, la Cumbre de **Río** sigue siendo objeto de análisis crítico. Scordato et al. (2024) argumentan que **Río** fue el primer intento serio de diseñar transiciones sostenibles en un marco de crisis globales. Zabaniotou (2020) destaca que la resiliencia social y ecológica discutida en **Río** es hoy más relevante que nunca en un mundo afectado por pandemias y cambio climático.

Zavala-Alcívar et al. (2020) retoman la lección de que la sostenibilidad debe aplicarse también a la gestión de cadenas de suministro, ya que estas son vulnerables a crisis ambientales y sociales. Finalmente, Sachs et al. (2024) reconocen que, aunque imperfecta, **Río** fue el punto de partida para medir el progreso hacia la sostenibilidad global.

De la conceptualización a la implementación

Tras la Cumbre de **Río** (1992), la sostenibilidad pasó de ser una noción emergente a consolidarse como principio rector de las políticas internacionales. Sin embargo, su carácter amplio y en ocasiones ambiguo requería ser traducido en instrumentos operativos, indicadores y mecanismos de gobernanza que permitieran medir avances y aplicar estrategias concretas. En este proceso, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) desempeñó un papel decisivo al introducir un enfoque técnico y comparativo para fortalecer el desarrollo sostenible en sus países miembros y, por extensión, en el ámbito global.

El informe *Policies to Enhance Sustainable Development* (OECD, 2001) representó el esfuerzo institucional por integrar la sostenibilidad en las políticas públicas, la economía y la cooperación internacional. Este documento puede considerarse un

punto de encuentro entre la definición conceptual del **Informe Brundtland** (1987) y las agendas de acción más recientes, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**) de la Agenda 2030 (Sachs et al., 2024).

El enfoque de la OCDE en 2001: políticas para la sostenibilidad

El informe de la OCDE (2001) introdujo un marco integral que buscaba operacionalizar la sostenibilidad. Entre sus principales aportes destacan:

- Instrumentos económicos para la gestión ambiental: impuestos ecológicos, incentivos al uso de energías renovables, y sistemas de comercio de emisiones.
- Integración de indicadores de sostenibilidad: métricas comparables entre países para evaluar avances en materia ambiental, social y económica.
- Innovación tecnológica: reconocimiento de la ciencia y la tecnología como ejes para transitar hacia modelos más sostenibles.
- Políticas de cooperación internacional: énfasis en la necesidad de apoyar a países en desarrollo con financiamiento y transferencia de conocimientos.

Este enfoque complementaba la visión normativa de la ONU, aportando herramientas concretas para la implementación de políticas públicas. Según Weber (2023), la importancia de este documento radica en que permitió vincular sostenibilidad y resiliencia institucional a través de la planificación económica y tecnológica.

La sostenibilidad como marco comparativo internacional

Una de las mayores contribuciones de la **OCDE** fue la construcción de un lenguaje común de indicadores. A diferencia de la Declaración de **Río** o la Agenda 21 (United Nations, 1992), que eran principalmente marcos de acción política, el informe de 2001 incorporó herramientas cuantitativas para medir el desempeño de los países.

Esto abrió la puerta a una institucionalización de la sostenibilidad como criterio de evaluación internacional, donde los gobiernos podían ser comparados en términos de emisiones, uso de energía, biodiversidad y cohesión social. Sachs et al. (2024) señalan que este tipo de métricas inspiró reportes globales posteriores, como el Sustainable Development Report, que hoy mide los avances de los **ODS** a nivel mundial.

Críticas al enfoque de la OCDE

Si bien el informe de la OCDE (2001) representó un paso importante en la institucionalización de la sostenibilidad, también recibió críticas:

- Visión economicista: algunos autores argumentaron que el énfasis en instrumentos de mercado podía reducir la sostenibilidad a un asunto técnico, minimizando las dimensiones culturales y éticas (Weber, 2023).
- Desigualdades estructurales: el marco no siempre reconocía con suficiente fuerza las asimetrías entre Norte y Sur, a diferencia del principio de responsabilidades diferenciadas de **Río** (United Nations, 1992).
Carácter limitado a países miembros: aunque influyente, la OCDE representaba a un grupo reducido de países industrializados, lo que limitaba la inclusión de perspectivas del Sur Global.

A pesar de estas limitaciones, el documento consolidó la sostenibilidad como paradigma operativo, permitiendo a los Estados integrar este concepto en sus políticas de desarrollo.

La construcción histórica de la sostenibilidad

El recorrido de la sostenibilidad entre 1972 y 2001 muestra un proceso histórico de creciente complejidad, en el que confluyen debates ambientales, sociales, económicos y políticos. La Conferencia de Estocolmo (1972) inauguró la agenda ambiental global al reconocer el derecho humano a un ambiente sano y al institucionalizar la gobernanza ambiental a través del **PNUMA** (United Nations, 1972). A pesar de sus limitaciones, Estocolmo representó el primer consenso internacional en torno al medio ambiente y abrió el debate sobre las tensiones Norte–Sur, un tema que continúa vigente.

El **Informe Brundtland** (1987) consolidó el marco conceptual de la sostenibilidad al definirla como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras (WCED, 1987). Con ello introdujo la equidad intergeneracional, la satisfacción de necesidades básicas y la integración de las dimensiones social, económica y ambiental. Si Estocolmo representó la institucionalidad inicial, **Brundtland** dio la definición fundacional que guiaría las discusiones posteriores.

La Cumbre de **Río** (1992) trasladó esas ideas al plano político, con la adopción de la Declaración de **Río**, la Agenda 21 y la firma de convenios vinculantes sobre cambio

climático y biodiversidad (United Nations, 1992). **Río** consolidó la participación de actores no estatales y convirtió la sostenibilidad en una agenda transversal, aunque su falta de mecanismos vinculantes mostró las dificultades de pasar del consenso al compromiso efectivo.

Finalmente, la **OECD (2001)** introdujo un enfoque técnico-operativo que permitió medir y comparar la sostenibilidad entre países, con indicadores, instrumentos de mercado y énfasis en la innovación (OECD, 2001). Este paso fue clave para institucionalizar la sostenibilidad como un criterio de evaluación internacional y no solo como un ideal normativo.

Relecturas contemporáneas de los orígenes

Autores actuales han retomado los orígenes de la sostenibilidad para adaptarlos a los desafíos del siglo XXI. Zabaniotou (2020) plantea una visión sistémica de resiliencia que conecta salud, sociedad y ambiente frente a crisis globales. Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) aplican la sostenibilidad al ámbito de las cadenas de suministro, mostrando cómo la resiliencia empresarial depende de prácticas sostenibles.

Weber (2023) subraya la necesidad de integrar sostenibilidad y resiliencia organizacional, recordando que desde Estocolmo y **Brundtland** se había planteado la adaptación institucional a los límites ecológicos. Petrović et al. (2023) proponen el *Sustainability Transition Framework*, que entiende la sostenibilidad como un proceso de transición socio-técnica de largo plazo. Sachs et al. (2024) actualizan el legado de **Brundtland** y **Río** en el *Sustainable Development Report*, vinculándolo con la Agenda 2030 y los **ODS**. Finalmente, Scordato et al. (2024) destacan que los orígenes de la sostenibilidad deben leerse hoy como parte de una dinámica de **transiciones resilientes** frente a crisis múltiples: climáticas, económicas y sanitarias.

La CMNUCC como arquitectura planetaria del clima

La historia de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (**CMNUCC**) constituye una de las más notables expresiones de gobernanza global del siglo XXI. Desde su adopción en 1992 durante la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, la Convención se propuso evitar una interferencia peligrosa en el sistema climático, sentando las bases de un régimen internacional que hoy articula ciencia, diplomacia, economía y justicia ambiental.

Los años fundacionales (1992–1997): de la esperanza de Río al compromiso de Kioto

La **COP1**, celebrada en Berlín en 1995, marcó el inicio del camino institucional. Las Partes adoptaron el **Mandato de Berlín**, que reconocía que los compromisos originales de la Convención eran insuficientes y urgía desarrollar un protocolo jurídicamente vinculante. Era el nacimiento del principio de “*responsabilidades comunes pero diferenciadas*”, eje ético que reconocía la deuda climática histórica de los países industrializados.

En 1996, la **COP2** (Ginebra) emitió la Declaración de Ginebra, la primera en reconocer oficialmente el consenso científico sobre la gravedad del cambio climático. Un año después, el mundo presenció un momento histórico: la **COP3** dio lugar al **Protocolo de Kioto**, el primer tratado internacional legalmente vinculante que obligó a los países del Anexo I a reducir sus emisiones en un promedio del 5 % respecto a 1990. Este acuerdo, apoyado técnica y científicamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (**PNUMA**), introdujo mecanismos innovadores de mercado —como el comercio de emisiones y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (**MDL**)— que vincularon por primera vez economía y medio ambiente.

De la implementación técnica al debate político (1998–2004)

La **COP4** (Buenos Aires, 1998) estableció el Plan de Acción de Buenos Aires, que trazó el cronograma para definir los mecanismos de aplicación del Protocolo de Kioto. Las siguientes cumbres —**COP5** (Bonn, 1999) y **COP6 (La Haya y Bonn, 2000–2001)**— enfrentaron intensos debates sobre la flexibilidad en los compromisos y la equidad en las responsabilidades, preludio de una década de negociaciones complejas.

En 2001, la **COP7** (Marrakech) logró destrabar las diferencias con los Acuerdos de Marrakech, que definieron las reglas operativas del Protocolo: mecanismos de cumplimiento, contabilidad del carbono y fondos para adaptación. Esta decisión consolidó la **CMNUCC** como el principal marco de derecho climático internacional.

En paralelo, la comunidad internacional avanzaba hacia una visión más integral del desarrollo sostenible, y la **Cumbre de Johannesburgo** (2002) subrayó la conexión entre pobreza, energía y medio ambiente. Estas interacciones demostraron que la acción climática no podía entenderse fuera de la justicia social y económica.

En **COP8** (Nueva Delhi 2002), la *Declaración de Delhi* subrayó la necesidad de equilibrar mitigación y desarrollo sostenible, introduciendo el principio de **equidad climática**. En **COP9** (Milán 2003), se avanzó en la implementación del **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)** y en la cooperación financiera a través del **Fondo para el Medio Ambiente Mundial**, fortaleciendo el papel técnico del **PNUMA (UNEP)**. En **COP10** (Buenos Aires, 2004), el **Programa de Buenos Aires** evaluó los logros del Protocolo de Kioto y dio prioridad a la **adaptación** como componente esencial de la acción climática.

2005–2012: De la entrada en vigor de Kioto al amanecer del Acuerdo de París

La **COP11** (Montreal, 2005) celebró la entrada en vigor del **Protocolo de Kioto** tras la ratificación de Rusia. Fue la primera **COP** que actuó también como Conferencia de las Partes del Protocolo de Kioto (**CMP1**), estableciendo el marco formal de implementación. En los años siguientes, las conferencias se centraron en afinar mecanismos y crear estructuras para monitorear el cumplimiento.

En **COP12** (Nairobi, 2006), las Partes adoptaron el **Plan de Acción de Nairobi**, que fortaleció la agenda de **adaptación al cambio climático**, especialmente para África y los países más vulnerables. Esta conferencia marcó un giro hacia la **acción concreta en financiamiento y tecnología**, estableciendo mecanismos de apoyo para proyectos de resiliencia y transferencia tecnológica. Además, consolidó la cooperación entre la **CMNUCC**, el **PNUMA (UNEP)** y el **Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)**, integrando la adaptación como eje permanente de la gobernanza climática internacional.

La **COP13** (Bali, 2007) marcó otro hito con la Hoja de Ruta de Bali, que inició el proceso para un nuevo acuerdo climático aplicable a todos los países. Sin embargo, las expectativas generadas desembocaron en la frustración de Copenhague (**COP15**,

2009), donde, pese a la amplia movilización global, no se logró un acuerdo vinculante. No obstante, el Acuerdo de Copenhague introdujo por primera vez el límite de 2 °C como umbral de seguridad climática, una noción que guiaría las políticas futuras.

La **COP14** (Poznań, 2008), esta conferencia se enfocó en preparar las bases para un nuevo acuerdo climático posterior al Protocolo de Kioto. Se fortaleció el **Fondo de Adaptación** y se promovió la cooperación tecnológica entre países desarrollados y en desarrollo. La **CMNUCC**, junto con el **PNUMA (UNEP)**, impulsó la consolidación de mecanismos financieros y científicos que facilitarían las negociaciones hacia Copenhague. Fue una **COP** de transición, técnica y estratégica, que buscó asegurar continuidad y confianza entre las Partes.

La **COP15** (Copenhague, 2009), reunió a más de 190 países y marcó un momento decisivo en la diplomacia climática. El **Acuerdo de Copenhague** reconoció oficialmente el límite de 2 °C de aumento de temperatura y la urgencia de mitigar las emisiones, aunque sin carácter jurídicamente vinculante. Pese a sus tensiones políticas, abrió el camino a una visión más amplia que integró la participación del **sector privado** —promovida por el **Foro Económico Mundial (WEF)**— y la articulación de políticas económicas verdes impulsadas por la **OCDE** y el **PNUMA**, consolidando el vínculo entre **economía global y sostenibilidad climática**.

La **COP16** (Cancún, 2010) devolvió esperanza a las negociaciones. Los **Acuerdos de Cancún** crearon el **Fondo Verde para el Clima**, el **Mecanismo de Tecnología y el Comité de Adaptación**, estableciendo la infraestructura institucional que sostiene hasta hoy el **financiamiento** climático internacional.

Posteriormente, la **COP17** (Durban, 2011) lanzó la Plataforma de Durban, que preparó el terreno para un nuevo acuerdo universal. La **COP18** (Doha, 2012) aprobó la Enmienda de Doha, extendiendo el Protocolo de Kioto hasta 2020. Este periodo consolidó el tránsito de un régimen limitado a los países desarrollados hacia un marco más inclusivo y global.

2013–2015: París, el nuevo contrato social del clima

Las cumbres previas a París fueron determinantes. En **COP19** (Varsovia, 2013) se estableció el **Mecanismo de Pérdidas y Daños**, reconociendo la necesidad de compensar a los países más vulnerables. En **COP20** (Lima, 2014), el Llamado de Lima para la Acción Climática sirvió de base para el texto del nuevo acuerdo.

Finalmente, la **COP21** (París, 2015) transformó la arquitectura climática mundial. Con la adopción del **Acuerdo de París**, firmado por 195 países, **se abandonó el**

modelo rígido de Kioto y se adoptó un enfoque voluntario pero universal basado en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs). Este tratado estableció metas de largo plazo: mantener el aumento de temperatura muy por debajo de 2 °C y proseguir esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. París fue más que una cumbre: fue el nacimiento de una nueva forma de multilateralismo climático, que articuló gobiernos, empresas, comunidades y ciencia bajo un mismo marco de acción.

2016–2020: De la ambición política a la reglamentación técnica

El período posterior a **París** se caracterizó por la necesidad de convertir los compromisos en reglas y acción. La **COP22** (Marrakech, 2016) estableció el Plan de Acción de Marrakech, delineando la hoja de ruta de implementación del Acuerdo. Un año después, **COP23** (Bonn, 2017), bajo la presidencia de Fiyi, inauguró el Diálogo de Talanoa, un mecanismo inclusivo de revisión de metas nacionales basado en la confianza y la transparencia.

La **COP24** (Katowice, 2018) adoptó el Rulebook del Acuerdo de París, documento técnico que regula la medición, reporte y verificación de los compromisos, asegurando transparencia y rendición de cuentas. En **COP25** (Madrid, 2019), pese a los desacuerdos sobre los mercados de carbono, se consolidó la narrativa de “acción climática urgente”, dando mayor protagonismo a los actores no estatales. En paralelo, la pandemia de COVID-19 interrumpió la secuencia de cumbres en 2020, pero evidenció la interdependencia entre salud planetaria y sostenibilidad.

2021–2025: Evaluación global, financiamiento y justicia climática

La **COP26** (Glasgow, 2021) fue una de las más concurridas de la historia. Adoptó el **Pacto Climático de Glasgow**, reforzando la meta de 1,5 °C, comprometiéndose a reducir progresivamente el uso del carbón y los subsidios a los combustibles fósiles, y exhortando a revisar anualmente las NDCs.

En **COP27** (Sharm el-Sheikh, 2022) se concretó una demanda histórica: la creación del Fondo de Pérdidas y Daños, destinado a compensar a países vulnerables por los impactos climáticos. Aunque los avances en mitigación fueron limitados, la **COP27** representó un triunfo para la justicia climática.

La **COP28** (Dubái, 2023) realizó el primer **Global Stocktake** —evaluación global de progreso del **Acuerdo de París**— que concluyó que las acciones nacionales son aún insuficientes para cumplir las metas de temperatura. Por primera vez, un texto final incluyó el compromiso de *“transitar hacia el abandono de los combustibles fósiles”*, marcando un giro simbólico en la diplomacia climática.

En **COP 29** (Bakú, 2024), las negociaciones se centraron en el nuevo objetivo colectivo de financiamiento climático, que reemplazará en 2025 la meta de los 100,000 millones de dólares anuales prometidos en Copenhague. La atención se centró en cómo escalar la inversión verde hacia países en desarrollo, garantizando equidad y transparencia.

Finalmente, la **COP30** (Belém, 2025) —ya confirmada— buscará consolidar el vínculo entre biodiversidad, bosques tropicales y acción climática, con el Amazonas como símbolo de la urgencia planetaria.

Balance histórico: una diplomacia de la supervivencia

Durante tres décadas, las **COP** han transitado por fases de negociación, institucionalización y acción, enfrentando tensiones entre la ambición científica y la voluntad política. **De Kioto a París**, el proceso evolucionó desde un modelo jurídico rígido hacia un régimen adaptativo y participativo. Hoy, la **CMNUCC** encarna una *“diplomacia de la supervivencia”*, donde la ciencia del clima guía la toma de decisiones, y la cooperación multilateral busca reconciliar el crecimiento económico con los límites planetarios.

Sin embargo, los desafíos persisten: las emisiones globales continúan aumentando, la brecha de financiamiento se amplía y las desigualdades estructurales condicionan la capacidad de adaptación. Aun así, cada **COP** representa un paso hacia una gobernanza más compleja, más inclusiva y más consciente de su papel histórico.

El proceso **COP** no es solo una secuencia de conferencias; es una construcción civilizatoria. Refleja cómo la humanidad, a través del diálogo, la ciencia y la cooperación, intenta redibujar los límites de su desarrollo dentro de las fronteras ecológicas del planeta.

Conclusiones

El análisis de los orígenes históricos y conceptuales de la sostenibilidad permite extraer al menos cinco lecciones clave:

1. **La sostenibilidad como derecho humano:** desde Estocolmo, se reconoció que un ambiente sano es condición esencial para la dignidad humana (United Nations, 1972).
2. **La sostenibilidad como equilibrio intergeneracional:** el Informe Brundtland introdujo la responsabilidad hacia las generaciones futuras como principio ético universal (WCED, 1987).
3. **La sostenibilidad como agenda política global:** Río 1992 mostró que el desarrollo sostenible requiere cooperación internacional, participación social y compromisos multilaterales (United Nations, 1992).
4. **La sostenibilidad como paradigma operativo:** la OCDE (2001) tradujo el concepto en indicadores, políticas comparativas y marcos de acción concretos.
5. **La sostenibilidad como proceso dinámico:** los autores contemporáneos (Zabaniotou, 2020; Weber, 2023; Petrović et al., 2023; Sachs et al., 2024; Scordato et al., 2024) evidencian que el concepto se reinterpreta continuamente en función de crisis globales.
6. Los esfuerzos en las **COP30** por parte de la **CMNUCC** desde 1992 al momento de escribir el presente documento, 2025.

La evolución del concepto de sostenibilidad no ha sido lineal ni exenta de tensiones, pero sí progresiva en cuanto a su complejidad y relevancia. Lo que comenzó en Estocolmo como una preocupación ambiental limitada se convirtió, con **Brundtland**, en un paradigma conceptual; con **Río**, en una agenda política internacional; y con la **OCDE**, en un marco técnico de implementación y evaluación.

Hoy, la sostenibilidad se entiende como un proceso histórico en constante adaptación, marcado por la necesidad de resiliencia y transiciones sistémicas frente a crisis múltiples. El recorrido 1972–2025 confirma que la sostenibilidad es, más que un concepto, un proyecto civilizatorio en construcción, que combina ética, política, ciencia y economía en la búsqueda de un futuro viable para las próximas generaciones. Ver **Tabla 1**.

Tabla 1. Línea de tiempo de organismos internacionales más conocidos en la construcción del concepto de sostenibilidad (1972–2025)

Año	Organización	Descripción
1972	UNEP	Suecia.Conferencia de Estocolmo: Primer gran foro mundial ambiental. Se crea el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/UNEP) con sede en Nairobi, Kenia. Marca el inicio de la gobernanza ambiental internacional.
1973	UNEP	Inicio formal del PNUMA. Establece su secretariado, programas de monitoreo ambiental global (GEMS) y cooperación con la OMS y UNESCO.
1975	UNEP	Convenio de Barcelona para la protección del Mediterráneo. Promovido por PNUMA bajo el Plan de Acción para Mares Regionales, primer acuerdo regional de protección marina.
1979	UNEP	Convenio de Bonn (CMS). Tratado sobre la conservación de especies migratorias de fauna silvestre, coordinado por el PNUMA.
1982-	UNESCO	MONDIACULT 1982 (Ciudad de México) – Primera Conferencia Mundial sobre Políticas Culturales, donde se introdujo la noción de cultura como pilar del desarrollo sostenible.
	UNEP	El Foro de Ministros de Medio Ambiente LATAM-Caribe se estableció bajo el auspicio de UNEP como espacio regional para diálogo político ambiental.
1985	UNEP	Convenio de Viena (marco internacional para cooperación en protección de la capa de ozono)
1987	UNEP	Protocolo de Montreal (vinculante para eliminar sustancias que agotan la capa de ozono).
	World Commission on Environment and Development.	Informe Brundtland: definición clásica de desarrollo sostenible.
1992	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)	Establece marco global para evitar interferencia peligrosa en el sistema climático.
	UNEP	Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro). PNUMA coorganiza junto con ONU el evento donde se lanza la Agenda 21 y se establecen las bases del Desarrollo Sostenible como paradigma global.
1995	UNEP	Creación del Consejo de Administración Global del PNUMA. Reestructura su gobernanza, alineándose con los Objetivos del Milenio emergentes.
	CMNUCC.Conference of Parts (COP1)	Berlín, Alemania. Mandato de Berlín. Primera conferencia; establece la necesidad de nuevos compromisos jurídicamente vinculantes más allá de la Convención original de 1992.

CAPÍTULO 1. Fundamentos Conceptuales de la Sostenibilidad

1996	CMNUCC.Conference of Parts (COP2)	Ginebra, Suiza. Declaración de Ginebra. Reconoce la evidencia científica del cambio climático y la necesidad de acciones concretas de mitigación.
1997	CMNUCC.Conference of Parts (COP3)	Kioto, Japón. Protocolo de Kioto. Primer acuerdo vinculante que compromete a países industrializados a reducir emisiones de gases de efecto invernadero en un 5% promedio respecto a 1990.
	UNEP	Protocolo de Kioto. PNUMA apoya técnica y científicamente la CMNUCC (Convención del Clima) para su adopción
1998	UNESCO	MONDIACULT 1998 (Estocolmo) – Revisión del papel de la cultura en el desarrollo sostenible; se reafirmó la necesidad de integrar cultura y sostenibilidad.
	CMNUCC.Conference of Parts (COP4)	Buenos Aires, Argentina. Plan de Acción de Buenos Aires. Establece un cronograma para implementar el Protocolo de Kioto y definir sus mecanismos de aplicación.
1999	CMNUCC.Conference of Parts (COP5)	Bonn, Alemania. -. Sesión técnica para preparar los mecanismos de cumplimiento y verificación del Protocolo de Kioto.
2000	CMNUCC.Conference of Parts (COP6)	La Haya, Países Bajos / Bonn, Alemania (reanudada 2001). Acuerdos de Bonn. Reanuda negociaciones estancadas; se acuerda la implementación flexible del Protocolo de Kioto.
	United Nations	Adopción de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).
	UNEP	Iniciativa de Finanzas del PNUMA (UNEP-FI). Crea la UNEP Finance Initiative , una alianza con bancos y aseguradoras para promover finanzas sostenibles.
2001	CMNUCC.Conference of Parts (COP7)	Marrakech, Marruecos. Acuerdos de Marrakech. Define reglas operativas para el Protocolo de Kioto: mecanismos de flexibilidad, contabilidad de carbono y cumplimiento.
	OCDE	París. Informe Policies to Enhance Sustainable Development – Primer documento formal que operacionaliza la sostenibilidad con indicadores comparativos.
2002	CMNUCC.Conference of Parts (COP8)	Nueva Delhi, India. Declaración de Delhi. Llama a equilibrar desarrollo sostenible y mitigación climática; énfasis en equidad y desarrollo.
	UNEP	Sudáfrica. Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo). PNUMA lidera el eje ambiental de la conferencia, destacando la integración de sostenibilidad en políticas económicas.
2003	CMNUCC.Conference of Parts (COP9)	Milán, Italia. -. Refuerza mecanismos financieros para países en desarrollo y consolida el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
2004	CMNUCC.Conference of Parts (COP10)	Buenos Aires, Argentina. Examen de los avances de Kioto. Evalúa el progreso hacia la entrada en vigor del Protocolo de Kioto
2005	UNESCO	Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (DESD.2005–2014).

CAPÍTULO 1. Fundamentos Conceptuales de la Sostenibilidad

	CMNUCC.Conference of Parts (COP11)	Montreal, Canadá. Entrada en vigor del Protocolo de Kioto. Se celebra la primera reunión formal de las Partes del Protocolo (CMP1) y se inicia el Diálogo de Montreal sobre futuros compromisos.
	UNEP	Décimo aniversario del Protocolo de Kioto. PNUMA evalúa avances en reducción de emisiones y apoya proyectos MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio).
2006	CMNUCC.Conference of Parts (COP12)	Nairobi, Kenia. Plan de Acción de Nairobi. Aborda la adaptación en África y mecanismos de financiamiento climático.
2007	CMNUCC.Conference of Parts (COP13)	Bali, Indonesia. Hoja de Ruta de Bali. Define el proceso de negociación hacia un nuevo acuerdo climático post-Kioto.
2008	CMNUCC.Conference of Parts (COP14)	Poznań, Polonia.-. Prepara las bases técnicas para el acuerdo de Copenhague (2009).
2009	CMNUCC.Conference of Parts (COP15)	Copenhague, Dinamarca. Acuerdo de Copenhague. Intento de acuerdo global; reconoce el límite de 2 °C de calentamiento, aunque sin carácter vinculante.
	UNEP	Lanzamiento del Informe Global Green New Deal (PNUMA). Propone una recuperación económica verde como salida a la crisis financiera global.
2010	CMNUCC.Conference of Parts (COP16)	Cancún, México. Acuerdos de Cancún. Fortalece la institucionalidad climática (Fondo Verde para el Clima, Mecanismo de Tecnología, Comité de Adaptación).
	UNEP	Campaña “Safe Planet”. Iniciativa conjunta de PNUMA y los Convenios de Basilea y Estocolmo sobre químicos y residuos peligrosos.
2011	CMNUCC.Conference of Parts (COP17)	Durban, Sudáfrica. Plataforma de Durban. Inicia negociaciones para un nuevo acuerdo global aplicable a todos los países (que derivará en el Acuerdo de París).
2012	CMNUCC.Conference of Parts (COP18)	Doha, Catar. Enmienda de Doha. Extiende el Protocolo de Kioto (segundo período de compromiso 2013–2020).
	UNEP	Brasil.Conferencia Rio+20 documento El futuro que queremos, base de las ODS. PNUMA presenta el informe <i>Towards a Green Economy</i> y propone fortalecer la arquitectura ambiental de la ONU.
2013	CMNUCC.Conference of Parts (COP19)	Varsovia, Polonia. Mecanismo de Pérdidas y Daños. Crea un marco institucional para atender pérdidas y daños asociados al cambio climático.
2013-AI presente	OCDE	Foro de Crecimiento Verde y Desarrollo Sostenible (GGSD Forum) – Evento anual para debatir políticas de crecimiento verde e innovación sostenible.
2014	CMNUCC.Conference of Parts (COP20)	Lima, Perú. Llamado de Lima para la Acción Climática. Prepara el borrador del Acuerdo de París.
	UNESCO & Gobierno de Japón (Nagoya)	World Conference on Education for Sustainable Development – Evaluó logros de la DESD y estableció las bases de la Agenda 2030.
	UNEP	Transformación en Programa con mandato reforzado. Resolución de la ONU otorga al PNUMA funciones de

CAPÍTULO 1. Fundamentos Conceptuales de la Sostenibilidad

		agencia especializada con mayor autoridad de coordinación.
2015	CMNUCC.Conference of Parts (COP21)	París, Francia. Acuerdo de París. Acuerdo global adoptado por 195 países; busca limitar el calentamiento global a menos de 2 °C, con esfuerzos hacia 1.5 °C.
	UNEP	Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. PNUMA asume liderazgo técnico en ODS ambientales (6, 12, 13, 14, 15) y lanza el <i>Global Environment Outlook GEO-6</i> .
2016	CMNUCC.Conference of Parts (COP22)	Marrakech, Marruecos. Plan de Acción de Marrakech. Define lineamientos para implementar el Acuerdo de París.
	UNEP	Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEA-2). Crea el órgano decisorio más alto en materia ambiental. Se aprueban resoluciones sobre economía circular y consumo sostenible.
2017	CMNUCC.Conference of Parts (COP23)	Bonn, Alemania (presidencia de Fiyi). Diálogo de Talanoa. Inicia proceso de revisión de compromisos climáticos (NDCs) y cooperación inclusiva.
2018	CMNUCC.Conference of Parts (COP24)	Katowice, Polonia. Reglamento de Katowice. Adopta el “Rulebook” del Acuerdo de París: normas para transparencia, reporte y cumplimiento.
2019	CMNUCC.Conference of Parts (COP25)	Madrid, España (presidencia de Chile) . Acción Climática Global. Enfatiza urgencia climática, pero sin avances sustantivos en mercados de carbono.
	World Economic Forum	Global Risks Report: Identificó el cambio climático como el principal riesgo global para la economía mundial.
	UNEP	Kenia. UNEA-4 (Nairobi). Adopta la Declaración Ministerial sobre Innovación para el Desarrollo Sostenible y el <i>Global Chemicals Outlook II</i> .
2020	UNESCO	Berlín. Aplazada a 2021. World Conference on Education for Sustainable Development – ESD for 2030 – Lanzó el nuevo marco “ESD para 2030”, centrado en ciudadanía global y cambio climático
	OCDE (a)	Informe sobre cooperación y resiliencia ante crisis
	OCDE (b)	Perspectiva global sobre financiamiento sostenible
	UNEP	Lanzamiento de informes “ <i>Emissions Gap Report 2020</i> ” y “ <i>Making Peace with Nature</i> ”. Refuerza la alerta sobre el incumplimiento de metas climáticas y promueve la integración naturaleza–economía.
2021	CMNUCC.Conference of Parts (COP26)	Glasgow, Reino Unido. Pacto Climático de Glasgow. Refuerza meta de 1.5 °C; compromisos para reducir carbón y subsidios a combustibles fósiles.
	UNESCO	UNESCO Science Report: urgencia de ciencia e innovación para sostenibilidad
	WEF	Davos, Suiza.Virtual Meeting. The Great Reset / Global Agenda 2021 – Promovió la reconstrucción sostenible y equitativa tras la pandemia de COVID-19.

	UNEP	UNEA-5 (virtual / Nairobi). Aprueba resoluciones sobre contaminación plástica y financiamiento verde; promueve la recuperación sostenible post-COVID-19.
2022	CMNUCC.Conference of Parts (COP27)	Sharm el-Sheikh, Egipto. Fondo de Pérdidas y Daños. Crea un fondo financiero para compensar a países vulnerables por impactos climáticos.
	UNESCO	Ciudad de México. MONDIACULT 2022 – Reunió a 150 países; se reconoció la cultura como bien público global y parte esencial del desarrollo sostenible.
	WEF	Davos, Suiza. Annual Meeting 2022 – Working Together, Restoring Trust – Enfatizó la cooperación global y la transición hacia una economía verde.
	UNEP	PNUMA cumple 50 años. Evento conmemorativo UNEP@50 reafirma su mandato de liderazgo ambiental mundial.
2023	CMNUCC.Conference of Parts (COP28)	Dubái, Emiratos Árabes Unidos. Evaluación Global (Global Stocktake). Primera evaluación integral del progreso del Acuerdo de París; reconoce necesidad de acelerar la eliminación de combustibles fósiles.
	United Nations Department of Economic and Social Affairs.	The Sustainable Development Goals Report 2023: diagnóstico crítico de avances
	OCDE	París. Informe Net Zero+: Climate and Economic Resilience – Propone políticas económicas para fortalecer la resiliencia climática y financiera.
	WEF	Davos, Suiza. Global Risks Report 2023: Declaró la pérdida de biodiversidad y el cambio climático como las dos amenazas más graves para la humanidad.
	UNEP	Preparación del Tratado Global sobre Plásticos. Emissions Gap Report: alerta sobre la brecha entre compromisos y acción climática. PNUMA lidera las negociaciones para un tratado jurídicamente vinculante sobre contaminación por plásticos.
2024	CMNUCC.Conference of Parts (COP29)	Bakú, Azerbaiyán.- Centrada en mecanismos financieros y nuevas metas de financiamiento climático para países en desarrollo.
	OCDE	Global Corporate Sustainability Report 2024 – Evalúa la gobernanza corporativa sostenible y prácticas empresariales responsables.
	ONU-SDSN	Sustainable Development Report 2024: reformas al sistema multilateral.
	UNEP	UNEP Finance Initiative – Global Roundtable 2024. Promueve estrategias financieras sostenibles y transición climática justa.
2025	United Nations Department of Economic and Social Affairs	The Sustainable Development Goals Report 2025: prioridades globales hacia 2030.

CAPÍTULO 1. Fundamentos Conceptuales de la Sostenibilidad

	UNESCO	World Water Development Report 2025: vulnerabilidad de glaciares y montañas y MONDIACULT 2025 – Prevista para evaluar avances de la Agenda 2030 y fortalecer políticas culturales sostenibles.
	WEF	Davos, Suiza. 2025: tema Safeguarding the Planet, urgencia en inversión climática y energía limpia.
	WEF	Nueva York, EUA. Sustainable Development Impact Meetings 2025 – Reunión dedicada a cooperación multilateral, energía limpia y desarrollo sostenible.
	OCDE (Julio)	París. Green Growth & Sustainable Development Forum 2025 – Tema: “Bosques, agricultura y uso del suelo como pilares de la acción climática”.
	OCDE (Octubre)	París. Forum on Green Finance and Investment 2025 – Promueve la financiación verde como motor de transición energética y resiliencia económica
	OCDE & PNUD	Estudio conjunto: acción climática ambiciosa podría aumentar PIB global hacia 2040 y 2050.
	UNEP	Kenia. UNEA-7 (Nairobi). Séptima Asamblea del Medio Ambiente; centrada en gobernanza policéntrica, resiliencia y justicia ambiental.
		Niza. Francia. Coorganizada por ONU y apoyada por PNUMA; centrada en la conservación y uso sostenible de los océanos (ODS 14).

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2. MARCOS NORMATIVOS Y POLÍTICAS PÚBLICAS



La sostenibilidad contemporánea se ha configurado como un campo de gobernanza multinivel, donde convergen instituciones internacionales, regionales y nacionales en la definición de normas, indicadores y políticas. A diferencia de los orígenes conceptuales descritos en el capítulo anterior, en esta etapa se observa la consolidación de un entramado institucional que trasciende lo meramente declarativo y se orienta hacia mecanismos de implementación. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (**PNUMA**), establecido tras la Conferencia de Estocolmo de 1972, constituyó el primer esfuerzo de coordinación ambiental a nivel global, sentando las bases de una institucionalidad que vincula medio ambiente y desarrollo (United Nations, 1972).

La creación del **Convenio de Viena** para la Protección de la Capa de Ozono (UNEP, 1985) y su instrumento operativo, el **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987), marcó un hito en la capacidad de los Estados para generar compromisos jurídicamente vinculantes. Estos acuerdos demostraron que la cooperación internacional podía traducirse en resultados tangibles, al lograr una reducción significativa en el uso de

sustancias que agotan la capa de ozono (UNEP, 1987). A partir de entonces, la comunidad internacional entendió que el multilateralismo ambiental podía producir cambios estructurales en las prácticas industriales y de consumo, siempre que existieran incentivos y mecanismos de verificación claros (ONU-PNUMA, 1985).

En paralelo, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992) constituyó un paraguas normativo bajo el cual se estructuraron posteriores acuerdos climáticos. Aunque su carácter inicial fue más programático que vinculante, sirvió como espacio de negociación permanente para establecer compromisos nacionales diferenciados. A diferencia del **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987), la CMNUCC introdujo el principio de “*responsabilidades comunes pero diferenciadas*”, que reflejaba las tensiones entre países desarrollados y en desarrollo en materia de justicia climática (UNFCCC, 1992).

El papel de organismos como la OCDE ha sido fundamental para complementar estas dinámicas. Desde su informe *Policies to Enhance Sustainable Development* (2001) hasta los más recientes reportes sobre cooperación y resiliencia (OECD, 2020a, 2020b, 2021, 2023, 2024), la organización ha traducido la sostenibilidad en indicadores comparables, instrumentos económicos y métricas de desempeño. Esto ha permitido pasar de las declaraciones políticas a la evaluación técnica de las políticas públicas. De forma complementaria, la **UNESCO** ha promovido la integración de la sostenibilidad en la educación y la cultura, destacando que los cambios normativos requieren también de un contrato social renovado que fomente valores colectivos orientados a la equidad y la justicia ambiental (UNESCO, 2005, 2021, 2022).

Finalmente, actores no estatales como el World Economic Forum han aportado una visión estratégica que vincula sostenibilidad con competitividad y riesgos globales. Sus *Global Risks Report* (2019, 2023) y el tema central de Davos 2025 (*Safeguarding the Planet*) han colocado al cambio climático y la pérdida de biodiversidad como las principales amenazas para la estabilidad económica y social, evidenciando que la sostenibilidad dejó de ser un asunto marginal para convertirse en un eje de la gobernanza global (World Economic Forum, 2025).

Instrumentos normativos y jurídicos en sostenibilidad

El derecho internacional ambiental comenzó a consolidarse como un campo específico a mediados de la segunda mitad del siglo XX, cuando la comunidad internacional comprendió que los problemas ambientales trascendían las fronteras nacionales y requerían de una respuesta coordinada. Entre los primeros instrumentos

jurídicos de alcance global destaca el **Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (1985)**, que sentó las bases para la cooperación científica y política frente al deterioro de la atmósfera terrestre. Este convenio no fijó metas obligatorias de reducción, pero introdujo el principio de que la incertidumbre científica no debía ser excusa para la inacción, anticipando así el **principio precautorio** que después se volvería un pilar de la gobernanza ambiental (ONU-PNUMA, 1985).

El valor del **Convenio de Viena** fue doble. Por un lado, reconoció que la protección ambiental requería mecanismos jurídicos supranacionales, rompiendo con la lógica exclusiva de la soberanía estatal. Por otro, articuló una red de intercambio de información, investigación conjunta y compromisos de cooperación técnica que serían fundamentales para la formulación de políticas posteriores. Este diseño preventivo resultó innovador en un momento en que los datos científicos sobre el agujero de ozono eran todavía preliminares, pero la comunidad internacional decidió actuar frente al riesgo potencial.

El avance decisivo llegó con el **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987), que tradujo el marco general del **Convenio de Viena** en obligaciones concretas. **Montreal** fijó calendarios de reducción progresiva de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), como los clorofluorocarbonos, y estableció un sistema de enmiendas periódicas para ajustar los compromisos conforme avanzara la ciencia. La innovación más significativa fue la creación del **Fondo Multilateral**, diseñado para financiar la reconversión tecnológica en países en desarrollo y garantizar la equidad en la implementación (UNEP, 1987). Gracias a este mecanismo, se evitó que la transición se convirtiera en un obstáculo para el crecimiento económico de los países del Sur, asegurando así una amplia adhesión.

La arquitectura del régimen del ozono inauguró un modelo replicable: normas claras, metas progresivas, financiamiento internacional y verificación independiente. Este enfoque mostró que era posible alcanzar resultados concretos en la protección ambiental mediante acuerdos multilaterales vinculantes, siempre que se combinaran incentivos tecnológicos, mecanismos de justicia distributiva y un sistema de seguimiento efectivo.

El régimen del ozono como paradigma de éxito

El **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987) es considerado el acuerdo ambiental más exitoso de la historia. Ratificado por 197 países, alcanzó un nivel de aceptación prácticamente universal y logró una reducción drástica en la producción y consumo de sustancias que dañaban la capa de ozono. El “agujero de ozono” se convirtió en un símbolo mediático de los riesgos globales y, al mismo tiempo, en un caso de éxito de

la acción colectiva internacional. Los datos más recientes confirman que la capa de ozono muestra señales de recuperación, lo que constituye una prueba tangible de la efectividad del régimen (UNEP, 1987).

El éxito del régimen del ozono se explica por la conjunción de varios factores. En primer lugar, la existencia de **alternativas tecnológicas viables** permitió a la industria sustituir los CFC sin costos prohibitivos. En segundo lugar, el **Fondo Multilateral de Montreal** facilitó la transición en países en desarrollo, evitando que las medidas se percibieran como una carga injusta. En tercer lugar, el sistema de enmiendas periódicas y reportes verificables generó confianza y flexibilidad, permitiendo ajustar los compromisos a los avances científicos. Finalmente, la alta visibilidad del problema movilizó tanto a la opinión pública como a los responsables políticos, creando un entorno favorable para la cooperación.

La experiencia del ozono también tuvo un efecto normativo más amplio. Se convirtió en el referente para demostrar que la cooperación multilateral puede ser efectiva cuando combina **rigor científico, equidad financiera y mecanismos de cumplimiento**. Autores como Weber (2023) señalan que este régimen es un ejemplo de resiliencia institucional, pues supo adaptarse a la evolución científica y a las demandas de equidad global. Sachs et al. (2024) destacan que el modelo de **Montreal** sirvió como inspiración para otros tratados ambientales y reforzó la idea de que la sostenibilidad no debía entenderse como un obstáculo al desarrollo, sino como una oportunidad de transición tecnológica y económica.

El **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987) es también un caso de estudio en materia de gobernanza policéntrica. Aunque nació como un tratado intergubernamental, pronto involucró a empresas químicas, comunidades científicas y organizaciones internacionales que, de manera conjunta, impulsaron la sustitución tecnológica. Esta participación múltiple permitió una implementación más ágil y reforzó la legitimidad del régimen. Para el Foro Económico Mundial (2019), la capacidad de movilizar a actores estatales y no estatales es una de las lecciones centrales del régimen del ozono, lección que debería aplicarse a la gobernanza del cambio climático.

El Protocolo de Kioto: avances y limitaciones

El entusiasmo generado por el éxito del **Protocolo de Montreal** no pudo trasladarse de manera automática al ámbito del cambio climático. El **Protocolo de Kioto (1997)** fue el primer tratado que estableció compromisos cuantificados y vinculantes de reducción de gases de efecto invernadero. Basado en la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992)**, Kioto representó

un paso histórico al introducir metas obligatorias para países industrializados durante el periodo 2008–2012 (UNFCCC, 1992).

Sin embargo, el diseño del tratado reflejó tensiones profundas entre países desarrollados y en desarrollo. El principio de **responsabilidades comunes pero diferenciadas** llevó a que solo los países industrializados asumieran compromisos, mientras que las economías emergentes quedaron exentas.

En ese contexto, Estados Unidos se negó a ratificar el acuerdo, alegando que la ausencia de obligaciones para China e India generaba una desventaja competitiva. Esta decisión debilitó la legitimidad del régimen y puso en evidencia que los acuerdos vinculantes requieren del compromiso de los principales emisores para ser efectivos (Scordato et al., 2024).

Los **mecanismos de flexibilidad** incluidos en **Kioto** —el comercio de emisiones, el *Clean Development Mechanism (CDM)* y la implementación conjunta— tenían como objetivo reducir los costos de cumplimiento y fomentar la transferencia tecnológica. No obstante, pronto fueron objeto de críticas. Investigaciones posteriores mostraron que muchos proyectos bajo el CDM carecían de adicionalidad, es decir, habrían ocurrido de todas formas sin los créditos de carbono. Esto redujo la credibilidad del sistema y generó acusaciones de “contabilidad creativa” en el ámbito climático (Petrović et al., 2023).

Además de sus limitaciones técnicas, **Kioto** enfrentó un contexto político adverso. La presión de grupos industriales, el escepticismo climático en algunos países y la falta de mecanismos de sanción efectivos contribuyeron a que las reducciones globales fueran limitadas. Para Scordato et al. (2024), Kioto es un ejemplo de cómo los acuerdos vinculantes pueden fracasar si no logran integrar la equidad distributiva con incentivos económicos y compromisos universales.

Aun con sus limitaciones, **Kioto** dejó una huella institucional importante. Introdujo el lenguaje de las metas cuantificadas, estableció sistemas de verificación internacional y sentó las bases para que el cambio climático se consolidara como una prioridad en la agenda internacional. De acuerdo con Sachs et al. (2024), el fracaso relativo de **Kioto** no debe verse como un retroceso absoluto, sino como un aprendizaje que llevó a replantear la arquitectura climática en el **Acuerdo de París**.

El Acuerdo de París: hacia un modelo híbrido de gobernanza

El **Acuerdo de París (2015)** representó un cambio de paradigma en la gobernanza climática global. Aprendiendo de las lecciones de **Kioto**, **París** abandonó el modelo de obligaciones impuestas desde arriba y adoptó un enfoque más inclusivo y flexible, basado en las **Contribuciones Nacionales Determinadas (NDCs)**. Cada país define voluntariamente sus compromisos de reducción, que se revisan cada cinco años en un proceso de incremento progresivo de ambición (United Nations, 2015).

Este diseño híbrido combina metas globales con compromisos nacionales voluntarios. La gran innovación fue la introducción del **mecanismo de transparencia**, que obliga a los países a reportar sus avances, y el **balance global quinquenal**, que permite evaluar colectivamente si los esfuerzos nacionales son suficientes para alcanzar la meta de limitar el aumento de la temperatura a 1.5 °C. Estos elementos buscan compensar la ausencia de sanciones vinculantes con presión política y social, generando un régimen basado más en la reputación y la rendición de cuentas que en la coerción jurídica.

La principal virtud de **París** fue lograr una **participación universal**. A diferencia de **Kioto**, el acuerdo incluye tanto a países industrializados como a economías emergentes, responsables de la mayor parte de las emisiones globales. Sin embargo, esta amplitud se alcanzó sacrificando el carácter obligatorio de las metas, lo que ha generado críticas sobre su efectividad. Scordato et al. (2024) advierten que París puede convertirse en un ejemplo de multilateralismo débil si no se acompaña de mecanismos de financiamiento robustos y compromisos más ambiciosos.

Los informes más recientes de Naciones Unidas muestran que los compromisos actuales son insuficientes. El *Sustainable Development Goals Report 2023* indica que las NDCs acumuladas solo limitan el calentamiento a 2.5 °C, muy por encima del objetivo de 1.5 °C (United Nations, 2023). El informe de 2025 alerta que, de no incrementarse los compromisos y recursos, el mundo podría enfrentar retrocesos significativos en adaptación climática y seguridad alimentaria (United Nations, 2025). Sachs et al. (2024) interpretan el Acuerdo de **París** como una plataforma de transición: un paso adelante en la universalización del régimen climático, pero aún insuficiente para garantizar resultados efectivos.

El carácter híbrido de **París** refleja una tendencia más amplia en la gobernanza ambiental: la transición de modelos estrictamente vinculantes hacia esquemas flexibles que privilegian la participación y la legitimidad política por encima de la

coerción jurídica. Para Petrović et al. (2023), esta transformación responde a la complejidad del cambio climático, que no puede abordarse solo desde tratados rígidos, sino desde un enfoque de **transiciones socio-técnicas** que involucre múltiples actores y escalas de gobernanza.

Políticas públicas y cooperación internacional

La sostenibilidad como principio rector del desarrollo global no se sostiene únicamente en tratados internacionales y acuerdos jurídicos. Su materialización depende de **políticas públicas nacionales** y de la **cooperación internacional**, que permiten traducir los marcos normativos en acciones concretas. La interacción entre organismos multilaterales, Estados, empresas y sociedad civil ha configurado un entramado complejo de gobernanza que articula incentivos económicos, mecanismos regulatorios, educación, ciencia, innovación y financiamiento. Este apartado se organiza en cuatro dimensiones: (1) la contribución de la OCDE a la institucionalización de la sostenibilidad en políticas públicas, (2) el papel de la **UNESCO** en la transformación educativa, cultural y científica, (3) el financiamiento y la cooperación internacional como inversión estratégica en resiliencia, y (4) la creciente influencia del Foro Económico Mundial en la agenda corporativa y de riesgos globales.

La OCDE y la institucionalización de la sostenibilidad en políticas públicas

Desde principios de siglo, la **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)** se ha consolidado como un actor clave en la traducción del discurso de la sostenibilidad en **instrumentos de política pública concretos**. Su informe **Policies to Enhance Sustainable Development** (2001) representó un esfuerzo pionero por dotar a los países de herramientas comparativas y operativas. En este documento se propusieron medidas fiscales como impuestos ambientales, incentivos a energías renovables y sistemas de comercio de emisiones, así como la integración de indicadores de sostenibilidad en la evaluación del desempeño económico (OECD, 2001).

La innovación de la OCDE fue otorgar a la sostenibilidad un **estatus de variable económica**, superando su percepción como un mero componente ambiental. Al hacerlo, abrió la puerta a que gobiernos nacionales pudieran justificar políticas ambientales no solo como un deber moral, sino también como parte de una estrategia de competitividad. Esto permitió la creación de marcos regulatorios que vinculan

directamente la transición ecológica con la eficiencia económica, como los sistemas de impuestos al carbono y los mercados de derechos de emisión.

Con el tiempo, la OCDE amplió este enfoque. En su informe **Net Zero+: Climate and Economic Resilience in a Changing World** (2023), se enfatizó la necesidad de integrar la resiliencia climática en la planificación macroeconómica. Se argumenta que la estabilidad financiera y el crecimiento sostenible dependen de la capacidad de los países para reducir vulnerabilidades ante crisis múltiples, incluyendo pandemias, conflictos geopolíticos y fenómenos climáticos extremos (OECD, 2023b). Este giro hacia la resiliencia refleja una comprensión sistémica de la sostenibilidad, en la que los shocks ambientales se conciben como riesgos económicos globales.

De acuerdo con Weber (2023), este proceso ha contribuido a que la sostenibilidad sea vista como un paradigma operativo en las instituciones estatales, donde los ministerios de finanzas y economía asumen responsabilidades antes reservadas a las agencias ambientales. Asimismo, Petrović et al. (2023) sostienen que la OCDE ha contribuido a construir un lenguaje común basado en indicadores, lo que permite comparaciones internacionales y genera presión política para mejorar el desempeño. Sachs et al. (2024) añaden que este tipo de reportes son antecedentes directos de instrumentos globales como el *Sustainable Development Report*, que mide anualmente el avance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La UNESCO y la dimensión educativa, cultural y científica de la sostenibilidad

Mientras la OCDE ha privilegiado los instrumentos económicos y regulatorios, la **UNESCO** ha centrado sus esfuerzos en las dimensiones **educativa, cultural y científica** de la sostenibilidad. Su informe **Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education** (2022) propone un rediseño radical de los sistemas educativos, basado en la cooperación, la equidad y la sostenibilidad como principios organizadores de los currículos (UNESCO, 2022). Este planteamiento reconoce que la sostenibilidad no puede consolidarse únicamente desde la legislación y la economía, sino que requiere una transformación cultural profunda que prepare a las generaciones futuras para enfrentar crisis globales.

La **UNESCO** ha enfatizado también la necesidad de acelerar la **innovación científica y tecnológica** como base para la transición sostenible. El **UNESCO Science Report: The Race Against Time for Smarter Development** (2021a) advierte que el retraso en la inversión en investigación y desarrollo amenaza la capacidad de los países para cumplir con los compromisos internacionales. En este sentido, la

UNESCO insiste en que la sostenibilidad no es alcanzable sin un fortalecimiento de la ciencia como bien público global (UNESCO, 2021b).

Además, la **UNESCO** ha promovido la **Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)** como un marco pedagógico que vincula los Objetivos de Desarrollo Sostenible con prácticas educativas concretas. Este enfoque considera que la educación debe capacitar a los ciudadanos no solo en conocimiento científico, sino también en valores como la cooperación, la justicia climática y la resiliencia social (UNESCO, 2005; UNESCO, n.d.).

Autores como Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) destacan que este tipo de enfoques son esenciales para construir cadenas de suministro y organizaciones resilientes, ya que el capital humano formado en sostenibilidad es un recurso estratégico frente a crisis ambientales y sociales. De forma complementaria, Weber (2023) argumenta que las instituciones educativas son fundamentales para articular la resiliencia organizacional con la resiliencia social, generando un círculo virtuoso que fortalece la sostenibilidad en múltiples niveles.

Financiamiento y cooperación internacional como inversión estratégica en resiliencia

El financiamiento ha sido uno de los principales cuellos de botella en la implementación de políticas sostenibles. Los informes recientes insisten en que la transición ecológica requiere de **movilización masiva de recursos financieros** y de nuevas arquitecturas de cooperación. El reporte conjunto de la **OCDE y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo** (OECD & UNDP, 2025) sostiene que una acción climática ambiciosa no debe concebirse como un costo, sino como una inversión estratégica capaz de incrementar el PIB global en un 2 % hacia 2040 (OECD & UNDP, 2025). Este tipo de proyecciones buscan desmontar la dicotomía entre sostenibilidad y crecimiento económico, mostrando que ambos son interdependientes.

Los mecanismos de financiamiento internacional, como el **Fondo Verde para el Clima** establecido en el marco del **Acuerdo de París**, representan un intento de institucionalizar esta visión. No obstante, informes de Naciones Unidas advierten que los recursos comprometidos siguen siendo insuficientes y que los flujos de financiamiento climático no alcanzan los niveles necesarios para cumplir con las metas del **Acuerdo de París** (United Nations, 2023, 2025). Esta brecha financiera revela la necesidad de fortalecer tanto la cooperación multilateral como la participación del sector privado.

Sousa (2024) argumenta que los marcos de política energética deben diseñarse integrando múltiples niveles de gobernanza y considerando la inversión como un motor de transición. De forma similar, Tomai et al. (2024) proponen esquemas de innovación institucional que permitan movilizar actores públicos y privados en torno a metas comunes de sostenibilidad.

Estos enfoques refuerzan la idea de que la cooperación internacional no puede limitarse a la transferencia de recursos, sino que debe concebirse como un proceso de transformación sistémica donde la resiliencia económica y social se fortalecen de manera conjunta.

En el plano analítico, Kanger (2020) identifica seis puntos de intervención estratégica para orientar transiciones sostenibles, entre los cuales se incluyen la financiación de la innovación tecnológica y la reestructuración de mercados. Petrović et al. (2023) complementan esta visión al destacar que las transiciones socio-técnicas requieren estabilidad institucional y marcos regulatorios que den certidumbre a los inversionistas. Estos planteamientos coinciden en que el financiamiento sostenible debe entenderse como una inversión de largo plazo que garantiza estabilidad política y económica frente a crisis múltiples.

El Foro Económico Mundial y la sostenibilidad como riesgo global

En paralelo a los organismos multilaterales, el **Foro Económico Mundial (WEF)** ha tenido un papel relevante en la incorporación de la sostenibilidad a la agenda corporativa global. Sus informes anuales de riesgos han situado a los fenómenos ambientales entre las principales amenazas a la estabilidad económica. El **Global Risks Report 2019** ya advertía que el cambio climático era el principal riesgo para la economía mundial, una afirmación reforzada en la edición de 2023, donde se destacaba la pérdida de biodiversidad y la crisis climática como riesgos de primer orden (World Economic Forum, 2019, 2023).

La influencia del **WEF** radica en su capacidad para **vincular sostenibilidad y competitividad**. Al enmarcar el cambio climático y la degradación ambiental como amenazas directas a la rentabilidad empresarial y a la estabilidad de los mercados financieros, el Foro ha generado presión para que las corporaciones integren criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en sus estrategias. Este discurso ha contribuido a consolidar la sostenibilidad como un requisito de legitimidad en el sector privado, y no únicamente como un imperativo ético.

Weber (2023) subraya que este tipo de narrativas empresariales refuerzan la resiliencia organizacional, al obligar a las compañías a anticipar riesgos ambientales y a integrar prácticas sostenibles en su gestión. Sachs et al. (2024) añaden que los reportes del WEF han servido como catalizadores para que gobiernos y empresas adopten políticas de transición energética más ambiciosas, conscientes de que la sostenibilidad es también una estrategia de mitigación de riesgos financieros y reputacionales.

La narrativa del WEF conecta directamente con las propuestas de Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020), quienes plantean que las cadenas de suministro resilientes dependen de prácticas sostenibles que reduzcan vulnerabilidades frente a crisis globales. Desde esta perspectiva, la sostenibilidad no es solo un marco normativo internacional, sino una **estrategia de gestión de riesgos** indispensable para la supervivencia empresarial y la estabilidad del sistema económico global.

Retos contemporáneos y perspectivas hacia 2050

El siglo XXI se caracteriza por la convergencia de crisis múltiples —climáticas, sociales, sanitarias y geopolíticas— que tensionan los marcos normativos y ponen a prueba la capacidad de las políticas públicas. La sostenibilidad ya no puede entenderse únicamente como un principio de equilibrio entre crecimiento económico, equidad social y protección ambiental. Se ha convertido en un imperativo de supervivencia frente a escenarios disruptivos que transforman la vida cotidiana y las estructuras institucionales.

La literatura reciente advierte que el horizonte hacia 2050 estará definido por la capacidad de articular transiciones sostenibles profundas, gobernanza policéntrica y justicia climática en un contexto de incertidumbre permanente (Kanger, 2020; Petrović et al., 2023; Sousa, 2024; Tomai et al., 2024).

Crisis múltiples y escenarios disruptivos

Las crisis actuales revelan la fragilidad del modelo de desarrollo global. El cambio climático se manifiesta en fenómenos extremos cada vez más frecuentes, como sequías prolongadas, huracanes de intensidad creciente e inundaciones devastadoras. Estas catástrofes naturales tienen un impacto directo en la seguridad alimentaria y en la salud pública, provocando desplazamientos masivos y migraciones climáticas. Naciones Unidas ha advertido que, de mantenerse las tendencias actuales, cientos de millones de personas podrían verse forzadas a abandonar sus territorios hacia mediados de siglo (United Nations, 2023, 2025).

La pandemia de COVID-19 evidenció otra dimensión de la vulnerabilidad global: la interdependencia entre salud, economía y medio ambiente. La zoonosis, vinculada a la degradación de ecosistemas y al comercio ilegal de especies, mostró que la pérdida de biodiversidad puede desencadenar crisis sanitarias globales. Este escenario refuerza la necesidad de un enfoque integral que articule sostenibilidad ecológica con resiliencia sanitaria.

A estas crisis se suman fenómenos de inseguridad geopolítica, como la competencia por recursos estratégicos —agua, litio, tierras raras— y las tensiones derivadas de la transición energética. El informe Global Risks Report 2023 del Foro Económico Mundial advierte que la fragmentación internacional podría dificultar los acuerdos multilaterales y generar conflictos por recursos naturales esenciales para la economía digital y las energías limpias (World Economic Forum, 2023).

Scordato et al. (2024) sostienen que la sostenibilidad debe interpretarse bajo la lógica de la resiliencia global, donde los sistemas socioeconómicos se preparan no solo para mitigar impactos, sino para adaptarse y transformarse frente a crisis sucesivas. En este sentido, la sostenibilidad hacia 2050 será inseparable de la capacidad de anticipar escenarios disruptivos y de construir respuestas coordinadas a nivel local, nacional e internacional.

Nuevos marcos teóricos para la transición sostenible

La complejidad de los retos contemporáneos ha impulsado el desarrollo de nuevos marcos analíticos que buscan orientar las transiciones sostenibles. Kanger (2020) identifica seis puntos estratégicos de intervención que incluyen desde el rediseño de políticas regulatorias hasta la reconfiguración de mercados, la innovación tecnológica y la transformación cultural. Estos puntos de intervención muestran que las transiciones no son procesos lineales, sino dinámicas sistémicas que requieren acción simultánea en múltiples niveles.

Petrović et al. (2023) proponen el Sustainability Transition Framework, que concibe la sostenibilidad como una transformación socio-técnica de largo plazo. Este enfoque integra la dimensión tecnológica —energías renovables, movilidad eléctrica, digitalización verde— con factores sociales y políticos como la gobernanza inclusiva, la justicia distributiva y la participación ciudadana. De esta manera, se plantea que las transiciones requieren una combinación de innovación y legitimidad social para consolidarse.

En el ámbito energético, Sousa (2024) desarrolla un marco de política y evaluación para transiciones sostenibles, centrado en la energía como motor estructural de

cambio. Su planteamiento enfatiza la necesidad de coordinar políticas energéticas nacionales con marcos globales de cooperación, de modo que las inversiones en renovables, eficiencia y almacenamiento respondan a criterios de sostenibilidad y justicia.

Tomai et al. (2024) complementan este debate con propuestas de diseño institucional orientadas a mejorar la capacidad de los Estados para gestionar transiciones complejas. Señalan que la fragmentación de competencias, la falta de coordinación interministerial y la escasa participación social limitan la efectividad de las políticas sostenibles. Para superar estas limitaciones, sugieren crear marcos flexibles que integren actores públicos, privados y comunitarios en torno a objetivos compartidos.

Estos enfoques coinciden en que la sostenibilidad hacia 2050 no será el resultado de políticas aisladas, sino de transiciones sistémicas que exigen coherencia entre instituciones, mercados y ciudadanía. Sachs et al. (2024) advierten que, sin este tipo de marcos integrados, los avances hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible seguirán siendo insuficientes.

Resiliencia organizacional y cadenas de suministro sostenibles

La sostenibilidad no solo depende de los Estados y organismos multilaterales, sino también de las organizaciones y cadenas de suministro que sostienen la economía global. La pandemia de COVID-19 y las disrupciones logísticas de los últimos años mostraron que las cadenas globales son altamente vulnerables a crisis ambientales, sociales y geopolíticas.

Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) plantean un marco conceptual para gestionar la resiliencia en cadenas de suministro, orientado a incrementar la sostenibilidad en contextos de incertidumbre. Su propuesta incluye la diversificación de proveedores, la integración de criterios ambientales en la logística y el uso de tecnologías digitales para mejorar la trazabilidad. Este tipo de medidas permiten no solo reducir vulnerabilidades, sino también generar ventajas competitivas en mercados donde los consumidores exigen cada vez más prácticas responsables.

Weber (2023) revisa la relación entre sostenibilidad y resiliencia organizacional en contextos empresariales, concluyendo que las compañías que integran criterios ambientales, sociales y de gobernanza son más capaces de resistir crisis y de

adaptarse a entornos cambiantes. La sostenibilidad, en este sentido, no es un costo adicional, sino una inversión en estabilidad y reputación.

El Foro Económico Mundial (2019, 2023) refuerza esta perspectiva al señalar que los riesgos ambientales representan amenazas directas a la rentabilidad empresarial y a la continuidad de los negocios. Sachs et al. (2024) añaden que la resiliencia organizacional debe vincularse con la resiliencia social, de manera que las empresas no solo protejan su rentabilidad, sino que contribuyan activamente a la sostenibilidad de los territorios donde operan.

Perspectivas hacia 2050: justicia climática y gobernanza policéntrica

Las proyecciones hacia 2050 están marcadas por la urgencia de articular sostenibilidad con justicia climática y gobernanza policéntrica. El concepto de justicia climática reconoce que los países y comunidades más vulnerables son los menos responsables de las emisiones históricas, pero los más afectados por sus consecuencias. Naciones Unidas insiste en que la sostenibilidad no puede alcanzarse sin atender estas desigualdades estructurales (United Nations, 2023, 2025).

La gobernanza policéntrica se plantea como una alternativa al multilateralismo tradicional, caracterizado por la rigidez y la lentitud en la toma de decisiones. Según Petrović et al. (2023), un enfoque policéntrico implica distribuir responsabilidades entre múltiples actores —gobiernos nacionales, ciudades, empresas, comunidades locales y organizaciones internacionales—, de modo que la acción climática sea más ágil y descentralizada.

Autores como Kanger (2020) y Sousa (2024) coinciden en que las perspectivas hacia 2050 dependerán de la capacidad de los sistemas políticos para integrar innovación tecnológica con participación ciudadana. Si las transiciones energéticas y digitales se realizan sin equidad, podrían profundizar las desigualdades existentes y generar nuevas formas de exclusión. En cambio, si se articulan con justicia climática, podrían convertirse en motores de cohesión social y estabilidad global.

El Sustainable Development Report 2024 destaca que el mundo se encuentra en una encrucijada: avanzar hacia una transformación profunda que combine sostenibilidad, equidad y resiliencia, o enfrentar escenarios de crisis recurrentes que amenacen la viabilidad de los sistemas sociales y económicos (Sachs et al., 2024). Desde esta perspectiva, 2050 no debe concebirse como un horizonte lejano, sino como una fecha límite para consolidar transiciones sostenibles que garanticen la habitabilidad del planeta.

Conclusiones

La revisión de los instrumentos normativos y de las políticas públicas en sostenibilidad muestra que el camino recorrido por la comunidad internacional es, al mismo tiempo, un testimonio de avances significativos y de limitaciones persistentes. Desde los primeros acuerdos vinculantes hasta los marcos voluntarios y las proyecciones hacia 2050, lo que se revela es una **arquitectura fragmentada de gobernanza ambiental**, donde la eficacia depende no solo de la existencia de normas o metas, sino de la interacción entre tecnología, financiamiento, legitimidad política y cooperación multiactor.

El **derecho internacional ambiental** ha demostrado que los acuerdos vinculantes pueden generar resultados tangibles cuando se cumplen ciertas condiciones. El **Convenio de Viena** (UNEP, 1985) y el **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987) constituyen la prueba más clara: metas claras, alternativas tecnológicas viables, mecanismos financieros de apoyo a países en desarrollo y un sistema de verificación creíble. Este modelo explica por qué el régimen del ozono es considerado un paradigma de éxito, capaz de revertir una amenaza global mediante cooperación efectiva y principios de equidad. En contraste, el **Protocolo de Kioto (1997)** mostró las debilidades de un sistema que no logra asegurar la participación de los principales emisores y que depende de mecanismos de mercado cuestionados en su credibilidad.

El **Acuerdo de París (2015)** introdujo un cambio de enfoque hacia un modelo híbrido, basado en compromisos voluntarios (NDCs) y en la presión reputacional, pero aún enfrenta críticas por la falta de mecanismos de sanción efectivos. Estas experiencias confirman que los tratados internacionales son eficaces solo cuando logran articular **ambición, inclusión y justicia distributiva**.

En paralelo, los **instrumentos no vinculantes** han cumplido una función clave en la consolidación del discurso global de la sostenibilidad. La **Agenda 21 (1992)** representó el primer intento de traducir el desarrollo sostenible en un plan de acción multisectorial, aunque su carácter voluntario limitó el impacto. Posteriormente, los **Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000)** y los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015)** introdujeron un marco de metas cuantificables que permitió orientar políticas, monitorear avances y generar consenso global.

Sin embargo, como lo evidencian los **informes de Naciones Unidas de 2023 y 2025**, el mundo avanza de forma desigual y lenta en la consecución de los **ODS**, lo que refleja la brecha entre la retórica internacional y la capacidad real de implementación. No obstante, estos instrumentos siguen siendo referencias

indispensables, al ofrecer un **lenguaje común de acción** que ha permeado tanto en gobiernos como en empresas y sociedad civil.

En cuanto a las **políticas públicas y la cooperación internacional**, el papel de organismos como la **OCDE** ha sido decisivo para traducir la sostenibilidad en indicadores comparables, impuestos ambientales, incentivos económicos y sistemas de comercio de emisiones. De este modo, la sostenibilidad pasó de ser una aspiración ética a constituirse en un paradigma operativo de gestión pública y económica. La **UNESCO**, por su parte, ha insistido en que la sostenibilidad requiere una transformación cultural y educativa profunda, lo que implica integrar la justicia climática y la resiliencia en los currículos, en la ciencia y en las prácticas sociales.

Los informes del **WEF (2019, 2023)** han reforzado esta visión desde la perspectiva corporativa, al situar los riesgos ambientales como amenazas prioritarias a la estabilidad económica y empresarial. Finalmente, estudios como el de la **OCDE y el PNUD (2025)** han demostrado que la acción climática puede ser una inversión estratégica en resiliencia y crecimiento, desmantelando el falso dilema entre sostenibilidad y desarrollo económico.

El análisis de los **retos contemporáneos y las perspectivas hacia 2050** permite reconocer que la sostenibilidad del futuro dependerá de la capacidad de anticipar crisis múltiples y de articular respuestas sistémicas. Los marcos teóricos recientes, como los de Kanger (2020), Petrović et al. (2023), Sousa (2024) y Tomai et al. (2024), enfatizan que las transiciones sostenibles requieren coherencia entre innovación tecnológica, diseño institucional, justicia climática y gobernanza policéntrica. Además, el papel de las organizaciones y cadenas de suministro se vuelve central, como lo plantean Zavala-Alcívar et al. (2020) y Weber (2023), pues la resiliencia empresarial es inseparable de la resiliencia social y territorial. Los informes de Naciones Unidas insisten en que el tiempo para actuar es limitado y que hacia 2050 el planeta podría enfrentar escenarios de crisis irreversibles si no se consolidan transiciones profundas.

En este sentido, el **balance general del capítulo** indica que la sostenibilidad se ha convertido en un **proyecto civilizatorio en construcción**, donde confluyen el derecho internacional, los marcos voluntarios, las políticas públicas nacionales, la cooperación multilateral, la innovación científica, la educación y la acción empresarial. Ningún instrumento por sí solo garantiza resultados: ni los tratados vinculantes, ni los **ODS**, ni las políticas nacionales. Es la **interacción entre todos estos niveles** lo que define la posibilidad de éxito. Hacia 2050, el reto consiste en transformar esta arquitectura fragmentada en un sistema más coherente, donde la equidad, la resiliencia y la justicia climática se conviertan en los principios rectores de un desarrollo verdaderamente sostenible.

CAPÍTULO 3. INNOVACIÓN DE MODELOS DE NEGOCIO SOSTENIBLES Y POLÍTICAS DE RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL



La innovación en modelos de negocio sostenibles constituye uno de los ejes teóricos y prácticos más dinámicos dentro de la investigación contemporánea sobre sostenibilidad. En un contexto global caracterizado por crisis ambientales, desigualdades estructurales y transformaciones tecnológicas aceleradas, las empresas enfrentan el desafío de redefinir la forma en que generan valor económico, social y ambiental. Este capítulo se orienta a presentar los fundamentos conceptuales de la **innovación en modelos de negocio sostenibles (Sustainable Business Model Innovation, SBMI)**, examinando su evolución teórica, sus dimensiones metodológicas y las implicaciones organizacionales y culturales que acompañan su implementación.

El texto se estructura en seis apartados interrelacionados que permiten comprender la **SBMI** desde una perspectiva integral. En primer lugar, se aborda su **base conceptual**, enfatizando que la innovación sostenible implica un cambio paradigmático que trasciende los ajustes técnicos y redefine las relaciones entre empresa, sociedad y medio ambiente. En segundo lugar, se analizan las **dinámicas organizacionales y las capacidades para la sostenibilidad**, destacando el papel de las capacidades

dinámicas, el liderazgo transformacional y las métricas de evaluación en la consolidación de prácticas sostenibles.

El tercer apartado examina la **colaboración y el escalamiento de la innovación sostenible**, subrayando la importancia de las alianzas intersectoriales y de los marcos normativos internacionales, como el *Pacto Global de Naciones Unidas* y los lineamientos de la *OCDE*, en la articulación de redes globales de sostenibilidad. Posteriormente, se discuten los **impactos sociales y los desafíos de implementación**, en los que convergen las tensiones entre objetivos económicos, ambientales y sociales, así como la necesidad de evitar prácticas de *greenwashing* mediante políticas públicas inclusivas.

Los apartados siguientes se centran en los **marcos globales para la responsabilidad empresarial y la inversión sostenible**, que consolidan la gobernanza internacional de la sostenibilidad a través de estándares de conducta empresarial responsable, inversión ética y mecanismos de rendición de cuentas. En esta misma línea, se analizan las contribuciones de la *UNIDO* y la *UNESCO* en la promoción de políticas industriales sostenibles y en la formación de capacidades humanas y organizativas para la sostenibilidad.

Finalmente, el capítulo concluye con una **perspectiva prospectiva hacia 2050**, en la que la gobernanza policéntrica, la justicia climática y la resiliencia organizacional se perfilan como los pilares de un nuevo paradigma de desarrollo. Desde esta visión, la sostenibilidad deja de ser un objetivo sectorial para convertirse en un proyecto civilizatorio compartido, donde la innovación, la cooperación y la educación se integran como motores de transformación estructural.

Fundamentos conceptuales de la innovación en modelos de negocio sostenibles

La innovación en modelos de negocio sostenibles (**SBMI**, por sus siglas en inglés) se ha convertido en un campo central dentro de los estudios de sostenibilidad y gestión estratégica. Esta corriente propone que las empresas no deben limitarse a ajustes incrementales en sus procesos productivos, sino que deben repensar de manera integral la forma en que crean, entregan y capturan valor. Como plantean **Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021)**, la SBMI representa un cambio paradigmático porque conecta innovación empresarial con transformación social y ambiental. Su revisión sistemática señala que estos modelos no son únicamente marcos teóricos, sino que implican un rediseño de las relaciones entre empresa, sociedad y medio ambiente.

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

Uno de los aportes más significativos en el plano metodológico es el trabajo de **Bashir, Alfalih y Pradhan (2022)**, quienes desarrollan y validan una escala de medición de SBMI. Este instrumento permite evaluar de manera sistemática el grado en que una empresa incorpora la sostenibilidad en su modelo de negocio, integrando dimensiones como innovación tecnológica, responsabilidad social, circularidad y generación de impacto positivo. Su propuesta constituye un avance porque ofrece a investigadores y gestores una herramienta concreta para medir la efectividad de las iniciativas empresariales sostenibles, superando la dependencia de indicadores financieros tradicionales.

En este marco, la innovación sostenible se diferencia de la innovación convencional al reconocer que el valor no puede definirse solo en términos económicos. **Ciulli et al. (2022)** subrayan que el escalamiento de estos modelos requiere colaboración entre empresas, gobiernos, academia y sociedad civil. La colaboración no es un elemento periférico, sino un factor estructural que permite superar las limitaciones de recursos, conocimiento y legitimidad que enfrentan las empresas cuando intentan implementar transformaciones sostenibles de forma aislada.

La literatura reciente también resalta la importancia de las **capacidades dinámicas** como motor de **SBMI**. **Coffay, Tveterås, Bocken y Bogers (2024)** analizan el caso de la acuicultura noruega, donde las empresas enfrentan simultáneamente presiones regulatorias, expectativas sociales y retos tecnológicos. Su estudio muestra que las compañías capaces de reconfigurar continuamente sus rutinas y estructuras organizativas son las que logran mantener ventajas competitivas en un sector que exige altos estándares ambientales y de seguridad alimentaria. Este ejemplo ilustra cómo la innovación sostenible no es un evento puntual, sino un proceso dinámico que requiere adaptabilidad organizacional.

Dinámicas organizacionales y capacidades para la sostenibilidad

El tránsito hacia modelos de negocio sostenibles exige cambios profundos en las **estructuras organizativas y en las rutinas de gestión**. La literatura coincide en que no basta con introducir innovaciones tecnológicas; es necesario transformar los marcos institucionales y culturales que guían la toma de decisiones. **Kantabutra y Ketprapakorn (2024)** proponen un marco de referencia que conecta sostenibilidad empresarial con liderazgo transformacional y cultura organizacional. Argumentan que la innovación sostenible se fortalece cuando los líderes son capaces de articular

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

visiones de largo plazo y de alinear los valores corporativos con los principios de responsabilidad social y ambiental.

La noción de **capacidades dinámicas** adquiere aquí un papel central. Según **Coffay et al. (2024)**, estas capacidades incluyen la habilidad de identificar oportunidades en contextos de incertidumbre, integrar nuevos conocimientos y reconfigurar estructuras existentes para responder a presiones externas. En la acuicultura noruega, por ejemplo, las empresas que han desarrollado sistemas de monitoreo ambiental y cadenas de trazabilidad digital han podido responder más eficazmente a demandas regulatorias y de consumidores, mostrando cómo la sostenibilidad puede convertirse en ventaja competitiva.

En paralelo, **Bashir et al. (2022)** enfatizan que la medición de estas innovaciones es crucial para su consolidación. Su escala permite evaluar de manera comparativa a empresas de distintos sectores y contextos, generando información para mejorar procesos internos y diseñar políticas públicas más efectivas. Esto conecta con las recomendaciones de la **OECD (2021c, 2022b)**, que promueve la integración de métricas de sostenibilidad en la evaluación de empresas multinacionales y en la atracción de inversiones responsables.

El énfasis en capacidades dinámicas y métricas revela una tensión estructural: mientras algunas empresas logran integrar la sostenibilidad en su núcleo estratégico, otras la tratan como un complemento periférico. Como sostienen **Molina-Castillo et al. (2021)**, este desequilibrio refleja la necesidad de marcos institucionales más robustos que incentiven la innovación sostenible no solo como ventaja competitiva, sino como obligación ética y legal.

Colaboración y escalamiento de la innovación sostenible

Un reto fundamental de la SBMI es pasar de experiencias piloto o proyectos aislados a transformaciones a gran escala. **Ciulli et al. (2022)** argumentan que el escalamiento requiere **colaboración entre actores diversos**, donde cada parte aporta recursos, legitimidad y conocimiento. Las empresas pueden diseñar innovaciones tecnológicas, pero necesitan del respaldo de políticas públicas, del compromiso de los consumidores y de la participación de organizaciones de la sociedad civil para consolidarlas en el mercado.

El **Pacto Global de las Naciones Unidas (2021)** refuerza esta idea al promover la integración de empresas en una red internacional que impulsa los Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**). Bajo esta lógica, las empresas no son agentes aislados, sino nodos en un entramado de cooperación global. Esta visión es coherente con los

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

lineamientos de la **OECD (2022)**, que subraya la necesidad de fomentar inversiones responsables y de establecer estándares comunes para garantizar que las innovaciones empresariales se alineen con los principios de sostenibilidad.

Ejemplos sectoriales, como el de la acuicultura noruega analizado por **Coffay et al. (2024)**, muestran cómo el escalamiento depende de la interacción entre marcos regulatorios, presiones sociales y capacidades empresariales. La existencia de certificaciones internacionales, sistemas de trazabilidad y alianzas con comunidades locales facilita que las innovaciones sostenibles se expandan más allá de mercados nicho y alcancen cadenas globales de valor.

La colaboración también adquiere una dimensión educativa y cultural. Según **UNESCO (2021)**, la sostenibilidad empresarial debe vincularse con procesos de aprendizaje organizacional, de modo que las empresas desarrollen culturas internas alineadas con los **ODS**. Este enfoque reconoce que las innovaciones no pueden consolidarse si no se integran en la identidad y en las prácticas cotidianas de las organizaciones.

Impactos sociales y desafíos de implementación

Más allá de los marcos teóricos y de los avances organizativos, la innovación en modelos de negocio sostenibles enfrenta **desafíos estructurales de implementación**. Uno de ellos es la dificultad de equilibrar objetivos económicos con metas sociales y ambientales. **Molina-Castillo et al. (2021)** señalan que muchas empresas promueven prácticas sostenibles, pero enfrentan barreras en la medición de impactos sociales, lo que genera dudas sobre la autenticidad de sus iniciativas y abre la puerta al riesgo de *greenwashing*.

Otro desafío es la brecha entre grandes multinacionales y pequeñas y medianas empresas. Mientras las primeras suelen tener recursos para invertir en sostenibilidad, las segundas dependen de incentivos públicos y de marcos regulatorios claros. En este sentido, la **UNIDO (2022)** propone guías de política industrial que buscan acompañar a los gobiernos en la promoción de entornos propicios para que incluso las pequeñas empresas puedan innovar de manera sostenible.

Las tensiones geopolíticas y las desigualdades estructurales también condicionan la implementación. La **OECD (2021c)** reconoce que las empresas multinacionales desempeñan un papel clave en las cadenas globales de valor, pero advierte que deben asumir responsabilidades diferenciadas en contextos donde las capacidades institucionales son débiles. En paralelo, el **Pacto Global de Naciones Unidas (2021)** insiste en que la sostenibilidad empresarial no debe ser entendida únicamente como

una estrategia de reputación, sino como un compromiso con la equidad, los derechos humanos y el desarrollo de comunidades locales.

Finalmente, el reto de la **legitimidad social** se presenta como un factor decisivo. Según **Kantabutra y Ketprapakorn (2024)**, la SBMI solo puede consolidarse si es percibida como auténtica por empleados, consumidores y comunidades. La confianza se convierte en un recurso estratégico que determina la viabilidad de las innovaciones sostenibles. La literatura coincide en que hacia 2050 el éxito de los modelos de negocio sostenibles dependerá de la capacidad de las organizaciones para integrar equidad, resiliencia y justicia en sus operaciones, más allá de los balances financieros.

Marcos globales para la responsabilidad empresarial y la inversión sostenible

La gobernanza global de la sostenibilidad ha encontrado en los lineamientos internacionales de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) uno de sus marcos normativos más influyentes para orientar la conducta empresarial. Desde su creación, estos lineamientos han evolucionado hasta convertirse en un referente central para las empresas multinacionales que buscan conciliar el crecimiento económico con la responsabilidad social y ambiental (OECD, 2021c). Aunque carecen de carácter jurídicamente vinculante, su legitimidad institucional y su adopción por parte de gobiernos y corporaciones los han transformado en un estándar de facto de alcance global.

El concepto de conducta empresarial responsable (**RBC**, por sus siglas en inglés) constituye el eje de estas guías y plantea que las empresas tienen la obligación de identificar, prevenir y mitigar los impactos adversos que sus operaciones generan sobre las personas, las comunidades y los ecosistemas. Esto supone un desplazamiento respecto a enfoques tradicionales de responsabilidad social corporativa, que solían limitarse a iniciativas voluntarias de filantropía, hacia una lógica más integral que incorpora mecanismos de seguimiento y rendición de cuentas, entre ellos los Puntos Nacionales de Contacto (PNC) como instancias mediadoras en conflictos o denuncias (Molina-Castillo, Sinkovics & Sinkovics, 2021).

La adopción de estos lineamientos debe entenderse como parte de un proceso histórico más amplio. En las décadas de 1980 y 1990, las críticas hacia las multinacionales se centraban en la degradación ambiental y la explotación laboral en países con marcos regulatorios débiles. Hoy, los desafíos se han ampliado hacia temas como la gobernanza de cadenas de suministro globales, la protección de datos personales y la transparencia fiscal. Esta expansión refleja el tránsito hacia un

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

paradigma de sostenibilidad organizacional más integral, en el que la innovación y el diseño institucional se convierten en pilares para responder a las expectativas sociales y regulatorias (Bashir, Alfalih & Pradhan, 2022).

Así, los lineamientos de la OECD cumplen una doble función. Por un lado, ofrecen un marco de referencia común que guía la acción empresarial en entornos transnacionales complejos y desiguales. Por otro, contribuyen a reforzar la legitimidad y la confianza social en las corporaciones, al exigir prácticas de debida diligencia que trascienden el simple cumplimiento legal para integrar criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG). Esta articulación convierte a las guías de la OECD en una pieza clave de la arquitectura internacional de la sostenibilidad, pues permiten alinear los intereses privados con metas colectivas de desarrollo sostenible y justicia global.

En consecuencia, analizar los lineamientos de la **OECD** sobre conducta empresarial responsable no solo implica comprender un marco normativo híbrido, sino también reconocer su papel estratégico en la construcción de una economía mundial donde la innovación empresarial y la sostenibilidad se consolidan como dimensiones interdependientes.

Lineamientos internacionales de la OECD sobre conducta empresarial responsable

La **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD)** ha consolidado un conjunto de lineamientos que funcionan como referencia normativa global para las empresas que operan en entornos multinacionales. Las *OECD Guidelines for Multinational Enterprises on Responsible Business Conduct* constituyen un marco de gobernanza que, aunque no es jurídicamente vinculante, se ha convertido en estándar de facto para orientar la conducta corporativa en materia ambiental, social y de gobernanza (**OECD, 2021c**).

El núcleo de estos lineamientos se centra en la noción de **conducta empresarial responsable (RBC, por sus siglas en inglés)**, definida como el compromiso de las empresas de mitigar impactos adversos en personas, comunidades y ecosistemas, al tiempo que promueven prácticas de innovación y desarrollo económico. A diferencia de marcos voluntarios menos sistematizados, la OECD plantea mecanismos de seguimiento y evaluación mediante los **Puntos Nacionales de Contacto (PNC)**, que actúan como instancias mediadoras en casos de incumplimiento o conflicto.

La adopción de estos lineamientos responde a una evolución histórica. En los años noventa, las críticas hacia las multinacionales se centraban en el impacto ambiental de

su producción y en la explotación laboral en países con débiles marcos regulatorios. Hoy, la RBC se ha ampliado para abarcar también la gestión de cadenas de suministro globales, la protección de datos personales y la transparencia fiscal. **Molina-Castillo et al. (2021)** señalan que esta ampliación refleja una transición desde la responsabilidad social corporativa clásica hacia un paradigma de sostenibilidad organizacional más integral.

Un aspecto crucial de las guías de la **OECD** es su énfasis en la **debida diligencia**. Las empresas no deben limitarse a cumplir regulaciones locales, sino que están obligadas a identificar, prevenir, mitigar y rendir cuentas sobre los impactos que generan a lo largo de toda su cadena de valor. Esto implica que la responsabilidad corporativa trasciende las fronteras nacionales, integrando la dimensión global de la sostenibilidad. **Bashir et al. (2022)** sostienen que este enfoque es coherente con la necesidad de contar con métricas comparativas, como las escalas de innovación en modelos de negocio sostenibles, que permiten evaluar el grado real de compromiso corporativo.

En síntesis, los lineamientos de la **OECD** representan un marco normativo híbrido: aunque carecen de fuerza vinculante, su legitimidad institucional y su aceptación por parte de gobiernos y empresas los convierten en una pieza clave para el fortalecimiento de la gobernanza global en sostenibilidad.

Inversión sostenible y marcos de financiamiento responsable

Más allá de la conducta empresarial, la **OECD** ha insistido en la necesidad de articular políticas que canalicen flujos de inversión hacia proyectos sostenibles. El informe **Sustainable Business and Responsible Investment at OECD** destaca la relevancia de incorporar criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en las decisiones de inversión, señalando que la sostenibilidad no es únicamente un imperativo ético, sino también un componente estratégico para la estabilidad de los mercados financieros (**OECD, 2022b**).

La noción de **inversión responsable** parte del reconocimiento de que los capitales globales tienen un impacto directo en las trayectorias de desarrollo. Si los flujos de inversión se concentran en sectores intensivos en carbono o en industrias extractivas, las metas del **Acuerdo de París** y de los **ODS** resultan inalcanzables. Por el contrario, una reorientación hacia energías limpias, infraestructura resiliente y economías circulares puede acelerar la transición sostenible. **Sachs et al. (2024)** refuerzan esta

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

visión al señalar que la sostenibilidad debe ser entendida como inversión en resiliencia y no como restricción al crecimiento.

En este contexto, la **OECD** propone estándares para que los inversionistas integren la sostenibilidad en sus carteras. Esto incluye lineamientos sobre transparencia en la divulgación de riesgos climáticos, evaluación de impactos sociales y establecimiento de métricas comunes. La debida diligencia financiera busca evitar fenómenos de *greenwashing*, donde las inversiones se presentan como sostenibles sin cumplir con criterios rigurosos de impacto.

La articulación entre inversión sostenible y marcos normativos ha impulsado la proliferación de **mercados de bonos verdes y sociales**, así como de fondos de inversión alineados con los **ODS**. Según el **United Nations Global Compact (2021)**, la tendencia hacia finanzas sostenibles refleja una transformación estructural en la forma en que las empresas conciben su rol en la sociedad: ya no solo como generadoras de utilidades, sino como agentes de cambio para enfrentar crisis climáticas y sociales.

Sin embargo, persisten desafíos. **Ciulli et al. (2022)** advierten que la escalabilidad de estas prácticas depende de la colaboración entre sectores público y privado. La movilización de capital requiere marcos regulatorios claros, incentivos fiscales y mecanismos de cooperación internacional que reduzcan la percepción de riesgo en países en desarrollo. En esta línea, la UNIDO (2022) enfatiza la necesidad de fortalecer políticas industriales que promuevan entornos propicios para atraer inversiones sostenibles, especialmente en economías emergentes.

Marcos de acción global: el Pacto Global de Naciones Unidas

El **Pacto Global de Naciones Unidas (UNGC)** constituye la iniciativa de sostenibilidad corporativa más amplia a nivel mundial, con miles de empresas y organizaciones adheridas. Su propuesta central es que las empresas integren en sus estrategias y operaciones diez principios universales en áreas de derechos humanos, normas laborales, medio ambiente y lucha contra la corrupción (**United Nations Global Compact, 2021**).

Aunque se trata de un marco voluntario, su alcance global lo convierte en una plataforma de articulación entre sector privado, organismos multilaterales y sociedad civil. A diferencia de los lineamientos de la **OECD**, el **UNGC** pone mayor énfasis en la **autorregulación empresarial** y en la construcción de compromisos colectivos. Bajo

esta lógica, la sostenibilidad se entiende como una oportunidad para redefinir la relación entre empresas y sociedad en términos de legitimidad y confianza.

La iniciativa ha sido especialmente influyente en la promoción de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** como guía para la acción corporativa. Las empresas adheridas al UNGC se comprometen a reportar sus avances mediante informes de sostenibilidad, los cuales son evaluados en términos de coherencia y autenticidad. Este mecanismo, aunque criticado por la ausencia de sanciones, ha generado una presión reputacional que incentiva a las empresas a cumplir con estándares más elevados.

Autores como **Kantabutra y Ketprapakorn (2024)** destacan que la integración de sostenibilidad en la cultura organizacional es un proceso complejo, donde marcos como el UNGC cumplen una función catalizadora. Al promover la innovación cultural y el aprendizaje organizacional, el Pacto Global contribuye a que las empresas internalicen la sostenibilidad no solo como estrategia competitiva, sino como parte de su identidad institucional.

En paralelo, la UNESCO (2021) señala que la vinculación entre sostenibilidad empresarial y educación es esencial para construir capacidades a largo plazo. La iniciativa del **UNGC** se complementa con esfuerzos educativos al impulsar que las empresas desarrollen competencias internas para contribuir de manera efectiva a los **ODS**.

Políticas industriales sostenibles y construcción de capacidades

El rol de los organismos internacionales no se limita a establecer marcos voluntarios o lineamientos normativos. La **Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO)** ha subrayado la importancia de diseñar **políticas industriales sostenibles** que orienten a los países en desarrollo hacia modelos productivos inclusivos y respetuosos con el medio ambiente. Su publicación *Industrial policies for sustainable development: Guidelines for policymakers* plantea directrices para integrar sostenibilidad en las estrategias industriales nacionales (UNIDO, 2022).

Estas políticas buscan superar la percepción de que la sostenibilidad es una carga para la competitividad. Por el contrario, la UNIDO argumenta que la transición hacia industrias bajas en carbono y circulares puede convertirse en un motor de crecimiento económico, empleo y atracción de inversiones responsables. La clave está en construir

capacidades institucionales y tecnológicas que permitan a los países aprovechar las oportunidades de la economía verde.

Un elemento central de estas guías es la noción de **aprendizaje organizacional y social**. La **UNIDO** reconoce que los marcos normativos globales, como los de la **OECD** o el **UNGC**, solo pueden consolidarse si los gobiernos nacionales cuentan con instituciones capaces de implementarlos y adaptarlos a sus realidades. Aquí se conecta con la visión de la **UNESCO (2021)** sobre la necesidad de fortalecer la educación corporativa y la formación de capacidades para la sostenibilidad.

Asimismo, la **UNIDO** insiste en la importancia de integrar la **cooperación internacional** en el diseño de políticas industriales. La sostenibilidad, en este sentido, no es un asunto exclusivo de las empresas o de los Estados nacionales, sino un proyecto compartido que requiere redes de colaboración y transferencia tecnológica. **Ciulli et al. (2022)** apuntan que la colaboración intersectorial es indispensable para escalar innovaciones sostenibles y superar las limitaciones de recursos y legitimidad que enfrentan las empresas en mercados emergentes.

Educación, cultura y sostenibilidad organizacional

La educación corporativa se ha convertido en un eje estratégico para integrar la sostenibilidad en la gestión organizacional. Según la UNESCO (2021), la sostenibilidad debe entenderse como un proceso de aprendizaje continuo que no solo afecta los sistemas educativos formales, sino también los entornos laborales y empresariales. Las organizaciones enfrentan la necesidad de reconfigurar sus estructuras de formación interna para garantizar que sus equipos adquieran las competencias necesarias para afrontar los desafíos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG).

Este cambio educativo no se limita a capacitaciones técnicas. Implica un rediseño cultural en el que se fomente la capacidad crítica, la creatividad y la innovación orientadas hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**). El informe de la **UNESCO** sobre sostenibilidad corporativa y educación destaca que las empresas deben convertirse en espacios de aprendizaje colectivo, donde la cultura organizacional funcione como catalizador de valores sostenibles.

Ejemplos prácticos refuerzan esta perspectiva. En sectores como la acuicultura, estudiados por Coffay, Tveterås, Bocken y Bogers (2024), las empresas han implementado programas de formación técnica para garantizar estándares ambientales, pero también mecanismos de aprendizaje organizacional que fortalecen la resiliencia frente a crisis regulatorias y de mercado. Estas experiencias muestran

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

que la sostenibilidad no es una meta estática, sino un proceso dinámico que exige formación permanente.

En este sentido, Bashir, Alfalih y Pradhan (2022) sostienen que la educación corporativa facilita la implementación de modelos de negocio sostenibles al proporcionar herramientas para medir y gestionar la innovación. Su escala de SBMI demuestra que las organizaciones que invierten en educación interna logran integrar con mayor éxito la sostenibilidad en sus procesos estratégicos, evidenciando un vínculo directo entre aprendizaje organizacional y desempeño sostenible.

Cultura organizacional y liderazgo transformacional

La cultura organizacional es otro componente clave para comprender cómo la sostenibilidad se arraiga en las prácticas empresariales. Kantabutra y Ketprapakorn (2024) plantean que las culturas corporativas que promueven valores de equidad, transparencia y responsabilidad social generan entornos más propicios para la innovación sostenible. La sostenibilidad no puede imponerse exclusivamente desde políticas externas o presiones regulatorias; requiere ser internalizada como parte de la identidad de la organización.

El liderazgo transformacional juega aquí un papel fundamental. Los líderes empresariales no solo definen estrategias, sino que actúan como modelos de conducta que inspiran a sus equipos a adoptar prácticas sostenibles. La literatura enfatiza que cuando el liderazgo comunica visiones de largo plazo vinculadas a la sostenibilidad, se genera un compromiso colectivo más fuerte. En contraste, las organizaciones que carecen de liderazgo transformador suelen reducir la sostenibilidad a acciones periféricas, sin impacto real en su modelo de negocio.

La OECD (2021c) complementa este enfoque al subrayar que la conducta empresarial responsable se sostiene en gran medida en la cultura corporativa. Los lineamientos internacionales destacan que los valores organizacionales deben ser coherentes con los compromisos asumidos públicamente, evitando la disonancia entre discurso y práctica. En otras palabras, la cultura organizacional funciona como un sistema de control informal que puede reforzar o debilitar los marcos normativos globales.

Ejemplos de empresas que forman parte del Pacto Global de Naciones Unidas (2021) muestran que aquellas que logran internalizar principios como el respeto a los derechos humanos y la protección ambiental tienden a generar ventajas reputacionales y de legitimidad. Esto se traduce en mayor confianza por parte de consumidores,

inversionistas y comunidades locales, lo que confirma que la cultura organizacional sostenible no es solo un imperativo ético, sino también un activo estratégico.

Aprendizaje interorganizacional y colaboración para la sostenibilidad

La sostenibilidad organizacional no puede alcanzarse en aislamiento. El aprendizaje interorganizacional y la colaboración en redes se presentan como mecanismos esenciales para escalar innovaciones sostenibles. Ciulli, Kolk, Bidmon, Sprong y Hekkert (2022) destacan que la colaboración permite superar limitaciones individuales de las empresas en términos de recursos, legitimidad y conocimiento. A través de alianzas estratégicas, las organizaciones pueden compartir experiencias, reducir costos de innovación y fortalecer la capacidad de implementación de proyectos sostenibles.

Este aprendizaje colectivo se observa con claridad en iniciativas como el United Nations Global Compact (2021), que articula a miles de empresas en torno a principios comunes de sostenibilidad. La lógica de red favorece la transferencia de buenas prácticas y genera presión reputacional para que las empresas mantengan estándares más elevados. El valor de esta colaboración radica no solo en los beneficios individuales, sino en la posibilidad de transformar sectores completos hacia modelos más sostenibles.

La UNIDO (2022) refuerza esta visión al recomendar que las políticas industriales fomenten clústeres sostenibles, donde empresas, gobiernos y academia colaboren en la creación de capacidades tecnológicas y organizativas. Este tipo de políticas reconoce que la innovación sostenible es más efectiva cuando se integra en ecosistemas de aprendizaje interconectados.

Asimismo, la educación juega un papel mediador en estos procesos colaborativos. La UNESCO (2021) subraya que la formación debe trascender lo individual y orientarse hacia la construcción de capacidades colectivas. Al promover competencias en sostenibilidad dentro de redes empresariales, se facilita la creación de culturas compartidas que sostienen el cambio a largo plazo.

Innovación cultural y retos de legitimidad

La integración de la sostenibilidad en las organizaciones enfrenta múltiples retos vinculados a la legitimidad cultural. Aunque muchas empresas adoptan discursos de

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

responsabilidad social, la implementación real suele verse limitada por tensiones entre objetivos económicos y sostenibles. Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021) señalan que la sostenibilidad empresarial corre el riesgo de reducirse a prácticas de greenwashing si no se acompaña de transformaciones culturales profundas.

En este contexto, la innovación cultural se convierte en un requisito indispensable. Kantabutra y Ketprapakorn (2024) sostienen que los cambios sostenibles solo son duraderos cuando transforman la mentalidad colectiva de la organización. Esto implica cuestionar supuestos arraigados sobre crecimiento ilimitado y redefinir el éxito en términos que integren prosperidad social y ambiental.

Los marcos internacionales proporcionan incentivos y orientación, pero la legitimidad final depende de cómo las empresas internalizan estos principios en su cultura. La OECD (2022) subraya que la inversión responsable requiere confianza en que las organizaciones cumplen con sus compromisos, lo que solo es posible si existe coherencia cultural interna. De igual modo, el Pacto Global de Naciones Unidas (2021) enfatiza que las empresas deben reportar avances verificables para mantener credibilidad ante sus grupos de interés.

Casos como los analizados por Coffay et al. (2024) en la acuicultura noruega ilustran que la legitimidad cultural se construye mediante procesos de innovación organizacional que vinculan dinámicamente capacidades técnicas y valores compartidos. Este tipo de experiencias sugiere que la sostenibilidad no puede imponerse desde arriba, sino que debe enraizarse en las prácticas cotidianas y en la identidad de las organizaciones.

Gobernanza policéntrica y justicia climática

Uno de los retos fundamentales para el periodo 2030–2050 será articular una **gobernanza policéntrica** capaz de responder a la complejidad de las crisis ambientales y sociales. El marco de gobernanza policéntrica plantea que múltiples actores —Estados, organismos internacionales, empresas, comunidades locales y sociedad civil— deben compartir responsabilidades en la gestión de la sostenibilidad.

Este enfoque se opone a los modelos jerárquicos tradicionales, que resultan insuficientes frente a problemas globales interconectados como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad o las migraciones masivas.

La **OECD (2021c, 2022b)** ha insistido en que las empresas multinacionales y los inversionistas globales tienen un rol decisivo, dado que controlan flujos de capital que

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

superan en magnitud los presupuestos de muchos Estados. En este sentido, los lineamientos de la organización sobre conducta empresarial responsable funcionan como herramientas para insertar a las corporaciones en sistemas de gobernanza más amplios, donde la rendición de cuentas trasciende fronteras nacionales.

La noción de **justicia climática** emerge como un complemento indispensable. **Sachs et al. (2024)** argumentan que la sostenibilidad no puede medirse solo por indicadores de eficiencia ecológica, sino que debe considerar las desigualdades históricas en la generación de emisiones y los impactos desiguales del cambio climático en el Sur Global. Este enfoque implica que las responsabilidades y capacidades de respuesta deben distribuirse de manera diferenciada, reconociendo que las economías más industrializadas tienen obligaciones mayores en términos de financiamiento, transferencia tecnológica y reducción de emisiones.

La educación también juega un papel clave en este contexto. La **UNESCO (2021)** enfatiza que la justicia climática debe integrarse en procesos formativos, no solo en entornos escolares sino también en espacios laborales y organizativos. Esto implica desarrollar competencias que permitan a los individuos comprender la interdependencia global y participar en procesos de toma de decisiones inclusivos.

La gobernanza policéntrica y la justicia climática, al complementarse, constituyen dos pilares estratégicos para el horizonte 2030–2050, pero también representan desafíos. Su implementación exige superar tensiones geopolíticas, intereses económicos contrapuestos y barreras culturales que dificultan la cooperación internacional.

Marcos teóricos de transición y transformaciones socio-técnicas

El tránsito hacia un futuro sostenible requiere marcos conceptuales que guíen la acción colectiva. En este terreno, distintos autores han desarrollado teorías que buscan explicar cómo se producen las **transiciones socio-técnicas** hacia la sostenibilidad.

Kanger (2020) identifica seis puntos de intervención estratégica para acelerar procesos de transición: desde el impulso a la innovación tecnológica hasta la transformación de estructuras institucionales y culturales. Su propuesta plantea que las intervenciones deben articularse en múltiples niveles, reconociendo que los cambios sistémicos no ocurren de manera lineal ni espontánea.

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

En una línea complementaria, **Petrović et al. (2023)** proponen el *Sustainability Transition Framework*, que concibe la sostenibilidad como un proceso de transformación de largo plazo en el que interactúan dimensiones tecnológicas, económicas, sociales y políticas. Este marco enfatiza que las transiciones sostenibles requieren coordinar innovaciones incrementales con cambios estructurales más profundos, lo cual implica desafíos significativos para los gobiernos y las empresas.

Por su parte, **Sousa (2024)** desarrolla un marco de evaluación de políticas energéticas que integra sostenibilidad con transición justa. Su propuesta combina indicadores técnicos de eficiencia con criterios sociales de equidad, mostrando cómo las políticas pueden simultáneamente reducir emisiones y generar beneficios sociales, como empleo verde y acceso equitativo a la energía.

Finalmente, **Tomai, Ramani y Papachristos (2024)** plantean marcos de diseño institucional que buscan superar la fragmentación actual de la gobernanza global. Estos enfoques promueven la innovación institucional como condición para que las políticas de sostenibilidad logren articular a múltiples actores en contextos de alta incertidumbre.

La convergencia de estas perspectivas refuerza la idea de que el futuro de la sostenibilidad dependerá de la capacidad para **traducir la teoría en práctica**, adaptando los marcos analíticos a realidades locales y sectoriales específicas.

Resiliencia organizacional y cadenas de suministro sostenibles

Las organizaciones enfrentan el reto de construir **resiliencia** en un entorno caracterizado por crisis múltiples. **Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020)** ofrecen un marco conceptual para aumentar la resiliencia de las cadenas de suministro mediante prácticas sostenibles. Su propuesta subraya que la vulnerabilidad de las cadenas globales —evidenciada durante la pandemia de COVID-19 y en conflictos geopolíticos recientes— exige integrar criterios ambientales y sociales en la gestión logística.

De manera complementaria, **Weber (2023)** revisa la relación entre sostenibilidad y resiliencia en el ámbito organizacional, argumentando que las empresas que logran integrar estos dos conceptos no solo sobreviven mejor a las crisis, sino que también generan ventajas competitivas a largo plazo. La resiliencia organizacional, en este sentido, no debe entenderse como capacidad de resistir choques externos, sino como habilidad para transformarse y adaptarse a nuevas condiciones estructurales.

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

1 Ejemplos sectoriales refuerzan esta visión. En la acuicultura noruega, **Coffay et al. (2024)** muestran cómo la integración de tecnologías de trazabilidad y monitoreo ambiental fortalece tanto la sostenibilidad como la resiliencia del sector frente a presiones regulatorias y de mercado. Del mismo modo, la colaboración empresarial analizada por **Ciulli et al. (2022)** revela que las alianzas estratégicas permiten escalar innovaciones sostenibles y consolidar cadenas de valor más resilientes.

Estos marcos organizacionales se alinean con los esfuerzos de la **OECD (2022)** y de la **UNIDO (2022)** por promover políticas industriales y de inversión que incentiven la adopción de cadenas de suministro sostenibles en sectores estratégicos. La educación y la cultura organizacional, destacadas por la **UNESCO (2021)**, también se convierten en factores mediadores que facilitan la internalización de prácticas resilientes.

La integración de sostenibilidad y resiliencia en las cadenas de valor constituye, por tanto, una oportunidad decisiva para el horizonte 2030–2050, aunque su implementación requiere superar barreras económicas, tecnológicas y culturales.

Prospectiva hacia 2050: escenarios de transformación y cambio cultural

Mirar hacia 2050 implica pensar en escenarios de transformación que trasciendan las tendencias actuales. La prospectiva sugiere que el éxito de las estrategias de sostenibilidad dependerá no solo de avances tecnológicos, sino también de **cambios culturales profundos** que redefinan las nociones de progreso, bienestar y desarrollo.

Kantabutra y Ketprapakorn (2024) insisten en que la sostenibilidad organizacional requiere un cambio cultural que convierta los valores sostenibles en parte intrínseca de la identidad corporativa. Este argumento se amplía en el trabajo de **Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021)**, quienes señalan que la legitimidad social de las empresas dependerá de su capacidad para demostrar impactos tangibles y evitar prácticas de *greenwashing*.

La prospectiva también contempla oportunidades. **Bashir et al. (2022)** muestran que las métricas y escalas de innovación sostenible permiten monitorear avances de manera objetiva, mientras que el **Pacto Global de Naciones Unidas (2021)** genera plataformas de cooperación que facilitan el aprendizaje interorganizacional. En paralelo, la **UNESCO (2021)** subraya que la educación es clave para preparar a las nuevas generaciones en valores y competencias que sostengan una cultura de resiliencia.

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

La **OECD (2021b, 2022b)** y la **UNIDO (2022)** refuerzan esta visión al advertir que las inversiones sostenibles y las políticas industriales deben diseñarse con horizontes de largo plazo, reconociendo que los beneficios de la transición sostenible se materializan de forma gradual. **Sachs et al. (2024)** concluyen que, hacia 2050, los marcos normativos, las inversiones responsables y los cambios culturales deben converger para transformar la sostenibilidad en un proyecto civilizatorio compartido.

En definitiva, la prospectiva hacia 2050 plantea un escenario de oportunidades y tensiones: oportunidades vinculadas a la innovación tecnológica, la cooperación internacional y el aprendizaje colectivo; tensiones derivadas de las desigualdades históricas, las resistencias culturales y las incertidumbres geopolíticas.

Conclusiones

El recorrido realizado en este capítulo sobre los fundamentos conceptuales de la innovación en modelos de negocio sostenibles (SBMI, por sus siglas en inglés) ha permitido constatar que este campo constituye un eje estratégico de transformación para la gestión empresarial y para la gobernanza global de la sostenibilidad. En contraste con las aproximaciones tradicionales de la innovación, centradas en la eficiencia productiva y en el crecimiento económico, la SBMI se erige como un paradigma integral que vincula la creación de valor económico con la generación de impactos sociales y ambientales positivos.

En primer lugar, se observa que la **SBMI** no se limita a la incorporación marginal de prácticas ambientales en las operaciones corporativas, sino que exige un **rediseño estructural del modelo de negocio**. Tal como señalan **Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021)**, este tipo de innovación implica repensar de forma integral cómo las empresas crean, entregan y capturan valor. La revisión sistemática que realizaron muestra que los modelos sostenibles no son únicamente herramientas teóricas, sino arquitecturas que redefinen la relación entre empresa, sociedad y medio ambiente. De este modo, la SBMI se convierte en un puente entre la gestión estratégica y la transformación social.

En el plano metodológico, el aporte de **Bashir, Alfalih y Pradhan (2022)** resulta central. Su propuesta de una escala validada para medir la SBMI ofrece un instrumento operativo que trasciende la subjetividad del discurso corporativo. Al integrar dimensiones como circularidad, responsabilidad social, innovación tecnológica y generación de impacto positivo, la escala permite evaluar comparativamente el nivel de sostenibilidad en distintas organizaciones. Este avance metodológico constituye un

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

paso decisivo para superar la dependencia de indicadores financieros tradicionales y avanzar hacia métricas que reflejen la complejidad de los procesos sostenibles.

Un segundo eje de análisis se relaciona con las **capacidades dinámicas organizacionales** como motor de innovación sostenible. El estudio de **Coffay, Tveterås, Bocken y Bogers (2024)** sobre la acuicultura noruega ejemplifica cómo la resiliencia y la adaptabilidad se convierten en ventajas competitivas. Las empresas que logran reconfigurar sus estructuras frente a presiones regulatorias y demandas sociales mantienen su legitimidad y sostenibilidad en sectores exigentes. Este enfoque coincide con la propuesta de **Kantabutra y Ketprapakorn (2024)**, quienes enfatizan la importancia del liderazgo transformacional y de la cultura organizacional como condiciones indispensables para alinear la visión de largo plazo con los principios de responsabilidad social y ambiental.

El tercer eje se centra en la **colaboración intersectorial y el aprendizaje colectivo**, factores estructurales para el escalamiento de innovaciones sostenibles. **Ciulli, Kolk, Bidmon, Sprong y Hekkert (2022)** argumentan que ninguna empresa puede transitar de manera aislada hacia modelos sostenibles debido a limitaciones de recursos, legitimidad y conocimiento. Por ello, redes como el **Pacto Global de Naciones Unidas (2021)** o los lineamientos de la **OECD (2021c, 2022b)** desempeñan un rol catalizador al generar estándares compartidos y compromisos colectivos. La **UNIDO (2022)**, en la misma línea, sostiene que las políticas industriales sostenibles deben favorecer la creación de clústeres colaborativos donde empresas, gobiernos y academia integren esfuerzos para superar brechas estructurales. La **UNESCO (2021)** complementa este panorama al destacar que la sostenibilidad empresarial debe concebirse como un proceso educativo continuo, que refuerce la capacidad de aprendizaje organizacional.

Un cuarto eje aborda los **retos de implementación y legitimidad** que enfrenta la **SBMI**. La tensión entre objetivos económicos y metas sociales-ambientales sigue siendo un desafío estructural. Mientras algunas multinacionales logran integrar la sostenibilidad en su núcleo estratégico, muchas pymes dependen de incentivos regulatorios claros y de entornos institucionales propicios. En este punto, la **OECD (2022b)** insiste en la necesidad de atraer inversiones responsables, mientras que la **UNIDO (2022)** subraya la relevancia de acompañar a los gobiernos en la construcción de capacidades industriales inclusivas y verdes. A nivel cultural, el riesgo de *greenwashing* denunciado por **Molina-Castillo et al. (2021)** muestra que sin una transformación profunda de valores y prácticas organizacionales, la SBMI corre el peligro de convertirse en un recurso retórico más que en un cambio real.

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

El capítulo también resaltó la importancia de los **marcos globales de gobernanza** como referentes para orientar la conducta empresarial. Las directrices de la **OECD (2021c)** sobre conducta empresarial responsable, aunque no vinculantes jurídicamente, se han consolidado como estándar internacional para garantizar que las empresas mitiguen impactos negativos y asuman responsabilidad en sus cadenas de suministro. De manera complementaria, el **Pacto Global de Naciones Unidas (2021)** impulsa principios universales en derechos humanos, normas laborales, medio ambiente y lucha contra la corrupción, generando compromisos voluntarios que han adquirido legitimidad social a través de la presión reputacional.

La **UNIDO (2022)** propone, a su vez, políticas industriales que integren sostenibilidad en las estrategias productivas nacionales, argumentando que las industrias circulares y bajas en carbono pueden ser motores de crecimiento y empleo. La **UNESCO (2021)** añade la dimensión cultural y educativa al señalar que la sostenibilidad requiere procesos de aprendizaje organizacional e interorganizacional permanentes, donde la cultura corporativa y el liderazgo transformador funcionen como catalizadores de valores sostenibles.

Finalmente, el capítulo exploró perspectivas de futuro hacia **2050**, subrayando que la SBMI debe leerse en clave de prospectiva. Los marcos teóricos de transición, como el de **Kanger (2020)** y el **Sustainability Transition Framework de Petrović et al. (2023)**, proponen que la sostenibilidad es un proceso socio-técnico de largo plazo que exige coordinar innovaciones incrementales con cambios estructurales profundos. Las propuestas de **Sousa (2024)** en políticas energéticas y de **Tomai, Ramani y Papachristos (2024)** en diseño institucional ofrecen herramientas para guiar la transformación global frente a la fragmentación actual de la gobernanza.

El papel de la **resiliencia organizacional**, abordado por **Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020)** y **Weber (2023)**, se vuelve estratégico en un contexto de crisis múltiples, al mostrar cómo las empresas que integran criterios de sostenibilidad en sus cadenas de suministro son más capaces de resistir choques externos y mantener legitimidad social. Casos como los de la acuicultura noruega (**Coffay et al., 2024**) demuestran que la resiliencia no es una característica estática, sino un proceso de innovación continua.

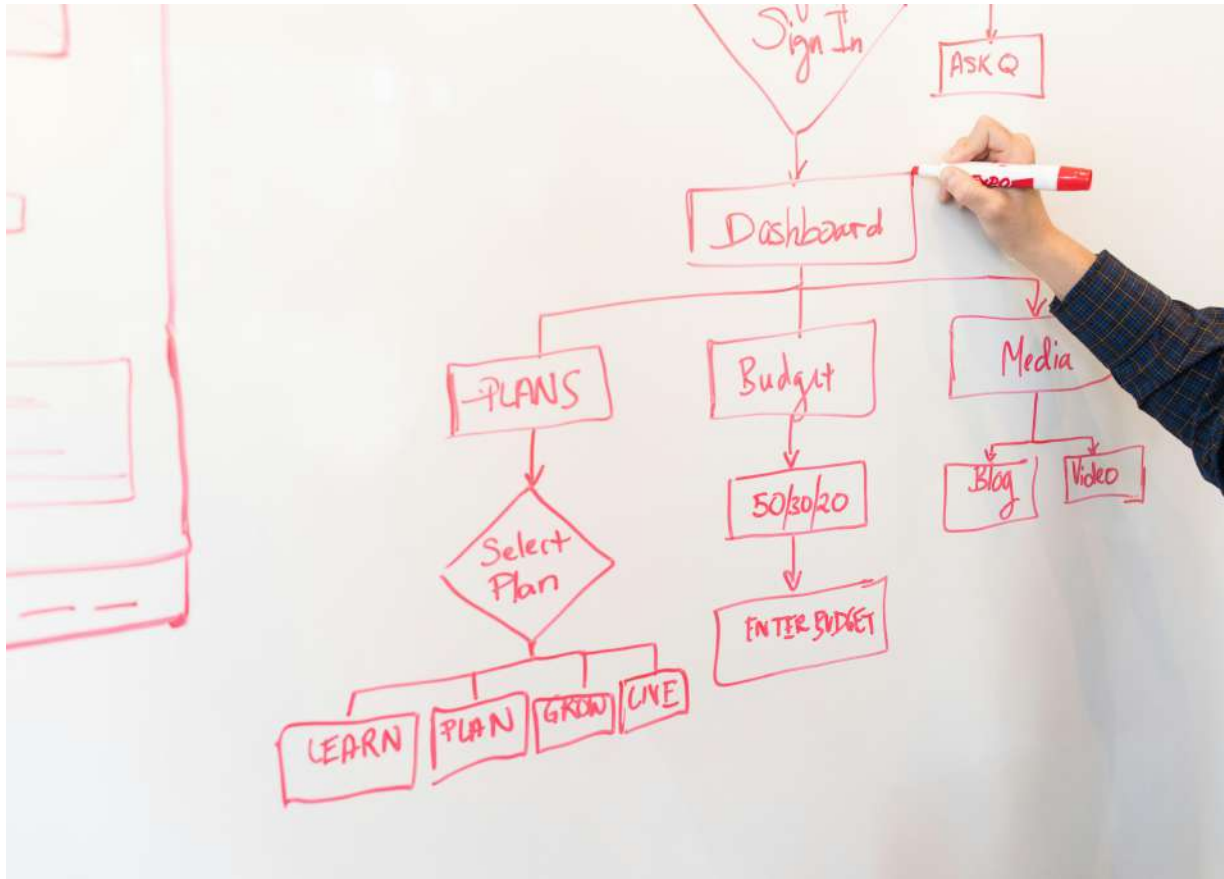
En conjunto, este capítulo confirma que los fundamentos conceptuales de la SBMI constituyen un **proyecto integral de transformación**. No se trata únicamente de un cambio metodológico o de gestión, sino de un nuevo paradigma que redefine el papel de la empresa en la sociedad. El valor se entiende ahora como una combinación de rentabilidad, equidad social y sostenibilidad ambiental; la innovación se concibe como un proceso dinámico y colaborativo; la cultura organizacional se convierte en un

CAPÍTULO 3. Innovación de Modelos de Negocios Sostenibles y Política de Responsabilidad Empresarial

espacio de aprendizaje y liderazgo transformador; y la gobernanza global se erige como marco indispensable para orientar prácticas empresariales en un mundo interdependiente.

De cara al futuro, la viabilidad de los modelos de negocio sostenibles dependerá de la capacidad de articular tres dimensiones inseparables: **marcos normativos internacionales sólidos, organizaciones resilientes y culturalmente transformadas, y cooperación multiactor para la equidad y la justicia climática.** Solo la convergencia de estas dimensiones permitirá que hacia 2050 la innovación en modelos de negocio sostenibles se consolide no como un complemento marginal, sino como el núcleo de una economía global justa, resiliente y ambientalmente responsable.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD



La sostenibilidad, como principio rector de las políticas públicas, las prácticas empresariales y las iniciativas científicas contemporáneas, requiere herramientas metodológicas capaces de traducir principios normativos y aspiraciones sociales en mecanismos tangibles de evaluación y decisión. Entre estas herramientas, la Evaluación del Ciclo de Vida (**LCA**, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como uno de los marcos más robustos para analizar y gestionar los impactos ambientales, sociales y económicos de productos, procesos y organizaciones a lo largo de todas sus fases de existencia: desde la extracción de materias primas hasta la disposición final (UNEP, 2021). A diferencia de enfoques parciales centrados en un solo eslabón de la cadena de valor, la **LCA** aporta una visión sistémica que permite identificar externalidades ocultas y evitar el riesgo de trasladar los impactos de una etapa a otra.

La expansión de la **LCA** como disciplina metodológica ha respondido tanto a presiones regulatorias como a la necesidad de las empresas de demostrar un

compromiso auténtico con la sostenibilidad. Durante los años noventa, este enfoque se aplicaba de manera restringida en sectores de alto impacto ambiental, como el químico o el energético (Sohn, Kalbar, Goldstein & Birkved, 2020). Sin embargo, con la consolidación de los marcos internacionales de responsabilidad empresarial (OECD, 2021), las agendas globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (United Nations Global Compact, 2021) y la presión de la sociedad civil por prácticas más transparentes (Molina-Castillo, Sinkovics & Sinkovics, 2021), la **LCA** se ha generalizado hasta convertirse en referencia transversal en la toma de decisiones estratégicas.

En el contexto actual, marcado por la convergencia de crisis climática, transición energética y transformación digital, la **LCA** enfrenta una doble dinámica. Por un lado, se han multiplicado sus aplicaciones sectoriales, desde la construcción (Roberts, Allen & Coley, 2020) hasta la gestión de residuos sólidos (Mulya, Zhou, Phuang, Laner & Woon, 2022). Por otro, se ha complejizado la discusión metodológica con el surgimiento de enfoques dinámicos, espacialmente explícitos y digitalmente asistidos que buscan capturar mejor la complejidad de los sistemas socio-técnicos (Shi & Yan, 2024; Popowicz, Katzer, Kettele et al., 2025). En este marco, resulta pertinente explorar los fundamentos, alcances y limitaciones de la **LCA** como herramienta central de sostenibilidad, atendiendo a su evolución histórica, sus innovaciones metodológicas y sus aplicaciones prácticas.

El presente desarrollo organiza la discusión en cuatro subtemas: (1) la evolución histórica y fundamentos conceptuales de la **LCA**; (2) tendencias metodológicas y perspectivas futuras en la gestión de residuos sólidos; (3) aplicaciones en el sector de la construcción sostenible; y (4) innovaciones digitales y marcos integrados en la **LCA** contemporánea. Cada uno de estos apartados permite comprender cómo la **LCA** no solo constituye una técnica de evaluación ambiental, sino también un campo en expansión que conecta sostenibilidad, innovación tecnológica y gobernanza internacional.

Evolución histórica y fundamentos conceptuales del análisis de ciclo de vida

La Evaluación del Ciclo de Vida tiene sus orígenes en los años sesenta y setenta, cuando surgieron los primeros intentos de cuantificar el consumo energético y los impactos ambientales asociados a procesos industriales. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XX cuando la **LCA** adquirió un marco metodológico estandarizado, impulsado por instituciones internacionales como la Organización de las Naciones

Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2021) y la International Organization for Standardization (ISO), que estableció la serie de normas **ISO 14040 y 14044** como referencia técnica global.

Conceptualmente, la **LCA** se define como un método analítico que busca identificar, cuantificar y evaluar los impactos potenciales de un producto, proceso o servicio a lo largo de todas las fases de su existencia (Mulya et al., 2022). Esto incluye la extracción de recursos, la producción, el transporte, el uso y la disposición final. Lo distintivo de este enfoque es su carácter holístico, que evita centrarse únicamente en emisiones directas o en etapas específicas, para en su lugar ofrecer una visión integral de las interdependencias entre distintas fases.

Sohn et al. (2020) subrayan que la **LCA** ha pasado de ser un ejercicio descriptivo de carácter ambiental a convertirse en una herramienta estratégica con capacidad de orientar políticas públicas, decisiones empresariales e innovaciones tecnológicas. En este sentido, la **LCA** no solo responde a una necesidad técnica, sino que también refleja un cambio cultural en la forma en que las sociedades comprenden la sostenibilidad: no como un atributo aislado, sino como un proceso dinámico de interacciones.

La OECD (2021b) complementa esta visión al resaltar que el análisis de ciclo de vida se integra hoy en mecanismos de seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Al permitir la comparación entre países y sectores, la **LCA** se convierte en insumo clave para políticas de responsabilidad empresarial y para orientar inversiones hacia modelos productivos más resilientes. La legitimidad de la **LCA**, entonces, no se limita a su dimensión metodológica, sino que se vincula a su capacidad de generar confianza en escenarios de gobernanza global policéntrica (Sachs et al., 2024).

En suma, los fundamentos conceptuales de la **LCA** descansan en tres principios básicos: la perspectiva de ciclo de vida, la cuantificación rigurosa de impactos y la integración de resultados en procesos de decisión. Estos principios convierten a la **LCA** en herramienta central para la transición hacia modelos de desarrollo sostenibles.

Tendencias metodológicas y perspectivas futuras en la LCA de gestión de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos constituye uno de los campos donde la **LCA** ha mostrado mayor relevancia y complejidad metodológica. Mulya et al. (2022) realizaron una revisión sistemática que evidencia cómo este enfoque ha evolucionado desde

modelos lineales centrados en emisiones hasta marcos más sofisticados que incorporan indicadores de circularidad, eficiencia de recursos y justicia ambiental. Según los autores, la **LCA** en este campo no solo sirve para identificar impactos negativos, sino también para diseñar escenarios de gestión que maximizan beneficios sociales y económicos.

Una de las tendencias emergentes es la incorporación de metodologías espacialmente explícitas, que permiten capturar las variaciones geográficas en la generación, transporte y disposición de residuos (Shi & Yan, 2024). Esto es especialmente relevante en contextos urbanos, donde la densidad poblacional y la infraestructura condicionan significativamente los impactos ambientales. La perspectiva espacial ofrece, además, una herramienta poderosa para políticas locales de sostenibilidad, ya que permite priorizar intervenciones en zonas de mayor vulnerabilidad.

Otra innovación es el desarrollo de la **LCA** dinámica, que introduce la variable temporal en los modelos de análisis (Sohn et al., 2020). A diferencia de los enfoques estáticos, la **LCA** dinámica reconoce que los impactos no se distribuyen de manera uniforme en el tiempo, sino que dependen de procesos de degradación, cambios tecnológicos y variaciones en el comportamiento del consumidor. Esta perspectiva permite proyecciones más realistas y se convierte en insumo para políticas de largo plazo.

La OECD (2022) destaca que la aplicación de la **LCA** en residuos sólidos es clave para orientar la transición hacia economías circulares, donde la reducción, reutilización y reciclaje sustituyen a los modelos lineales de disposición. La integración de la **LCA** con instrumentos de política pública, como impuestos ambientales o incentivos fiscales, puede facilitar la adopción de prácticas más sostenibles en la gestión de desechos urbanos e industriales.

En términos prospectivos, Popowicz et al. (2025) señalan que las tecnologías digitales —incluyendo big data, inteligencia artificial y blockchain— ofrecen oportunidades para automatizar la recopilación de datos, mejorar la trazabilidad de materiales y reducir la incertidumbre de los modelos. Estas innovaciones, al integrarse con la **LCA**, podrían transformar la manera en que las ciudades y empresas gestionan los residuos, haciendo posible un monitoreo continuo y en tiempo real.

Aplicaciones en el sector de la construcción y el diseño de edificaciones sostenibles

El sector de la construcción representa aproximadamente un tercio de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, lo que lo convierte en un campo prioritario para la aplicación de metodologías de sostenibilidad (Roberts et al., 2020). En este contexto, la **LCA** se ha consolidado como herramienta esencial para evaluar el desempeño ambiental de edificios a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materiales de construcción hasta la demolición y gestión de residuos.

Roberts et al. (2020) subrayan que uno de los aportes principales de la **LCA** en este campo es su capacidad de integrar múltiples dimensiones: huella de carbono, eficiencia energética, uso de agua, toxicidad de materiales y generación de residuos. Esta perspectiva sistémica permite evitar soluciones parciales que, aunque reducen impactos en una etapa, los incrementan en otra. Por ejemplo, un material con baja huella de producción puede generar problemas significativos en la fase de disposición final, lo que requiere un análisis integral.

La incorporación de metodologías de **LCA** en la construcción se ha visto impulsada por regulaciones más estrictas en materia de eficiencia energética y certificaciones internacionales como **LEED**, **BREEAM** o **EDGE**, que utilizan el ciclo de vida como criterio central de evaluación. Según la OECD (2022), este tipo de certificaciones no solo estandarizan prácticas sostenibles, sino que también generan incentivos de mercado al aumentar el valor de los edificios certificados frente a inversionistas y consumidores conscientes.

El futuro de la **LCA** en la construcción se orienta hacia enfoques más participativos y colaborativos. Ciulli, Kolk, Bidmon, Sprong y Hekkert (2022) argumentan que el escalamiento de prácticas sostenibles requiere colaboración entre arquitectos, ingenieros, gobiernos locales y comunidades. La sostenibilidad en edificaciones no puede lograrse únicamente mediante innovaciones tecnológicas, sino que exige cambios culturales en la forma de concebir los espacios urbanos.

Por otro lado, la UNESCO (2021) insiste en la importancia de vincular sostenibilidad y educación en este sector. La formación de arquitectos e ingenieros debe incluir competencias en **LCA**, de modo que los futuros profesionales integren la sostenibilidad como parte inherente de su práctica, y no como un complemento opcional.

Innovaciones digitales y marcos integrados en LCA contemporáneo

La digitalización ha transformado de manera radical las posibilidades de la Evaluación del Ciclo de Vida. Popowicz et al. (2025) destacan que el desarrollo de tecnologías digitales ha permitido diseñar un marco integrado que combina big data, inteligencia artificial, modelado predictivo y plataformas colaborativas. Estos avances hacen posible superar una de las limitaciones históricas de la **LCA**: la dificultad para recopilar datos confiables, completos y actualizados en tiempo real.

En el ámbito industrial, las herramientas digitales se están utilizando para construir gemelos digitales (digital twins) que simulan el comportamiento ambiental de procesos productivos. Estas simulaciones permiten anticipar impactos, evaluar escenarios alternativos y optimizar decisiones en etapas tempranas del diseño (Shi & Yan, 2024). Asimismo, la incorporación de blockchain está comenzando a aplicarse en cadenas de suministro para garantizar trazabilidad y transparencia, aspectos cada vez más demandados por consumidores e inversionistas responsables.

La integración de **LCA** con marcos de inversión sostenible es otro desarrollo clave. La OECD (2022) y el United Nations Global Compact (2021) han señalado que las métricas derivadas de la **LCA** pueden servir como indicadores confiables en carteras de inversión, evitando prácticas de greenwashing y fortaleciendo la confianza en los mercados financieros. En este sentido, la **LCA** no solo aporta conocimiento técnico, sino que se convierte en activo estratégico para la atracción de capital hacia proyectos sostenibles.

Finalmente, la UNESCO (2021) advierte que la digitalización debe ir acompañada de un proceso educativo y cultural que garantice la apropiación de estas herramientas por parte de distintos actores sociales. No basta con desarrollar modelos más sofisticados: es necesario que gobiernos, empresas y comunidades comprendan e internalicen el valor de la **LCA** como instrumento de transformación. La innovación metodológica, por tanto, debe ir de la mano de innovación cultural y organizacional.

Aplicación de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) en sectores estratégicos para la sostenibilidad

La sostenibilidad global se juega en sectores específicos cuya huella ecológica, social y económica tiene un peso desproporcionado sobre los sistemas planetarios: la energía, el transporte, la industria y la agricultura. Estos sectores concentran gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de recursos naturales y los impactos sobre la biodiversidad. Por ello, la aplicación de metodologías como la Evaluación del Ciclo de Vida (**LCA**) no solo representa una herramienta técnica de diagnóstico, sino un mecanismo estratégico para reorientar modelos productivos hacia trayectorias compatibles con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (OECD, 2021; UNEP, 2021).

La **LCA** aplicada en sectores estratégicos se convierte en una especie de “laboratorio metodológico”, donde se pone a prueba la capacidad del enfoque para capturar la complejidad de cadenas de valor globales, analizar interdependencias entre fases productivas y anticipar externalidades futuras (Shi & Yan, 2024). Esto implica trascender el análisis ambiental para incorporar dimensiones sociales, culturales y económicas, alineadas con principios de justicia climática, equidad intergeneracional y resiliencia (Sachs et al., 2024).

En este marco, la literatura reciente ofrece una amplia gama de aplicaciones sectoriales. Por ejemplo, el transporte ha sido analizado como eje de transición energética mediante **LCA** comparativas entre combustibles fósiles, biocombustibles y electromovilidad (OECD, 2022). La industria manufacturera, en cambio, constituye un espacio de experimentación para eco-diseño, reciclaje avanzado y modelos de economía circular (UNIDO, 2022). La construcción, abordada en el tema anterior, sirve como ejemplo de cómo la **LCA** redefine paradigmas de infraestructura. Y la agricultura, junto con la acuicultura, representa un campo emergente de innovación sostenible, donde el ciclo de vida conecta producción alimentaria con seguridad alimentaria y bienestar humano (Coffay, Tveterås, Bocken & Bogers, 2024).

El presente desarrollo organiza el análisis en cuatro subtemas:

LCA en el sector energético: transiciones y escenarios de descarbonización.

LCA en transporte y movilidad sostenible.

LCA en la industria manufacturera y eco-industrial parks.

LCA en agricultura y sistemas alimentarios sostenibles.

Cada apartado no solo revisa avances recientes, sino que identifica desafíos metodológicos y perspectivas de futuro para integrar la **LCA** en la gobernanza sectorial.

LCA en el sector energético: transiciones y escenarios de descarbonización

La transición energética constituye uno de los ejes más críticos en la lucha contra el cambio climático. El sector energético representa aproximadamente el 73% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, por lo que el diseño de políticas y tecnologías debe basarse en metodologías robustas como la **LCA** (OECD, 2022a).

El uso de **LCA** en este sector ha permitido comparar escenarios de producción energética, desde plantas termoeléctricas de carbón hasta sistemas de energía renovable. Shi y Yan (2024) señalan que los enfoques espaciales y dinámicos de **LCA** resultan particularmente útiles para evaluar los impactos de parques eólicos y solares en territorios concretos, considerando factores como disponibilidad de suelo, biodiversidad y patrones climáticos locales.

Sohn et al. (2020) proponen, además, la **LCA** temporalmente dinámica como herramienta para proyectar los beneficios de tecnologías emergentes en horizontes de 20 a 40 años. Esto es fundamental para políticas de transición energética, ya que evita la ilusión de sostenibilidad de tecnologías que solo desplazan impactos hacia el futuro.

La OECD (2022) complementa este análisis al ofrecer guías para una “transformación verde del transporte y la energía”, subrayando la necesidad de integrar métricas de ciclo de vida en la planificación de infraestructuras energéticas. De manera similar, Sachs et al. (2024) destacan que la inversión en energías limpias debe entenderse como inversión en resiliencia global, lo que convierte a la **LCA** en instrumento de legitimación de políticas de descarbonización.

LCA en transporte y movilidad sostenible

El transporte es uno de los sectores más desafiantes en materia de sostenibilidad debido a su dependencia histórica de combustibles fósiles y a la magnitud de sus externalidades ambientales. La OECD (2022) enfatiza que la transformación del transporte requiere herramientas de política basadas en **LCA** que permitan comparar impactos entre tecnologías convencionales y alternativas como vehículos eléctricos, biocombustibles o hidrógeno verde.

Capítulo 4. Metodologías y Herramientas para la Sostenibilidad

Roberts, Allen y Coley (2020) destacan que, en el diseño de infraestructuras de transporte urbano, la **LCA** permite calcular no solo las emisiones directas, sino también los impactos indirectos asociados a la producción de materiales, la construcción y el mantenimiento. Esta perspectiva integral es clave para evitar escenarios de “desplazamiento de impacto”, donde una solución aparentemente verde, como la electromovilidad, puede incrementar impactos en la fase de extracción de minerales.

Mulya et al. (2022) muestran que la incorporación de la economía circular en el transporte depende de metodologías de **LCA** que incluyan indicadores de reciclabilidad de baterías, reutilización de componentes y eficiencia energética en cadenas de suministro. A su vez, Shi y Yan (2024) proponen enfoques espacialmente explícitos para evaluar la localización de infraestructuras de transporte sostenible, como estaciones de carga eléctrica, de modo que se minimicen los efectos sobre comunidades vulnerables y ecosistemas sensibles.

El Pacto Global de Naciones Unidas (2021) refuerza esta visión al plantear que el sector privado debe liderar la adopción de tecnologías limpias en transporte, reportando avances mediante métricas verificables de ciclo de vida. De esta forma, la **LCA** se convierte en un lenguaje común que conecta políticas públicas, innovación empresarial y expectativas ciudadanas en movilidad sostenible.

LCA en la industria manufacturera y eco-industrial parks

La industria manufacturera es un campo privilegiado para la aplicación de la **LCA** debido a su complejidad en consumo de materiales, energía y emisiones. La UNIDO (2022) ha desarrollado lineamientos para eco-industrial parks que integran la **LCA** como herramienta de diagnóstico y planificación, promoviendo la transición hacia modelos de producción limpia y simbiosis industrial.

Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021) sostienen que la innovación en modelos de negocio sostenibles encuentra en la **LCA** un soporte empírico para rediseñar cadenas de valor y demostrar la efectividad de prácticas circulares. La medición de impactos a través de indicadores verificables refuerza la legitimidad de estas transformaciones y evita el riesgo de greenwashing.

Bashir, Alfalih y Pradhan (2022) añaden que las métricas derivadas de la **LCA** pueden integrarse en escalas de innovación sostenible, facilitando la comparación entre empresas y sectores. Esto conecta directamente con los lineamientos de la OECD (2021c), que promueven la responsabilidad empresarial basada en métricas comparativas de sostenibilidad.

Ciulli, Kolk, Bidmon, Sprong y Hekkert (2022) enfatizan que el escalamiento de la **LCA** en manufactura requiere colaboración interorganizacional, especialmente en ecosistemas industriales donde los residuos de una empresa pueden convertirse en insumos de otra. En este sentido, la **LCA** funciona no solo como herramienta de evaluación, sino también como catalizador de innovación colaborativa.

LCA en agricultura y sistemas alimentarios sostenibles

El sector agrícola y alimentario enfrenta el reto de garantizar seguridad alimentaria al tiempo que reduce impactos ambientales. La **LCA** se ha consolidado como método esencial para evaluar la sostenibilidad de prácticas agrícolas, desde el uso de fertilizantes hasta el transporte de alimentos.

Coffay et al. (2024), en su estudio sobre acuicultura noruega, muestran cómo la **LCA** puede adaptarse a contextos productivos específicos, integrando dimensiones sociales, regulatorias y tecnológicas. Este tipo de aplicaciones demuestran que la agricultura y la acuicultura no son solo sistemas de producción, sino entramados socio-técnicos donde la sostenibilidad depende de la interacción entre múltiples actores.

Mulya et al. (2022) destacan la importancia de la **LCA** en gestión de residuos agrícolas, particularmente en relación con el compostaje, el aprovechamiento energético y la reducción de emisiones de metano. Estos procesos permiten cerrar ciclos de nutrientes y avanzar hacia modelos circulares.

La UNESCO (2021) complementa este análisis al enfatizar la dimensión educativa y cultural de la **LCA** en sistemas alimentarios. La formación de agricultores y consumidores en prácticas de sostenibilidad permite que los resultados de la **LCA** se traduzcan en cambios concretos en patrones de producción y consumo.

Finalmente, Sachs et al. (2024) subrayan que la **LCA** aplicada a la agricultura debe alinearse con principios de justicia climática, reconociendo que los países en desarrollo enfrentan presiones desproporcionadas en relación con su contribución histórica a las emisiones. Bajo esta perspectiva, la **LCA** no solo es una herramienta técnica, sino también un instrumento de equidad global.

Integración de tecnologías digitales en la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)

La Evaluación del Ciclo de Vida (**LCA**) ha sido reconocida durante décadas como una de las metodologías más completas para medir los impactos ambientales, sociales y económicos de productos, servicios y sistemas (Mulya et al., 2022; UNEP, 2021). Sin embargo, el carácter intensivo en datos, la complejidad de sus modelos y las limitaciones de escalabilidad han generado obstáculos para su adopción sistemática en sectores productivos y políticos. La irrupción de las tecnologías digitales —como la inteligencia artificial (**IA**), el big data, el internet de las cosas (**IoT**), la blockchain y los sistemas de trazabilidad digital— ofrece nuevas oportunidades para superar estas limitaciones y transformar la **LCA** en un instrumento dinámico y predictivo (Popowicz et al., 2025; OECD, 2021b).

El reto contemporáneo no es solo aplicar la **LCA** de manera retrospectiva, sino convertirla en una herramienta de gobernanza en tiempo real que apoye decisiones estratégicas en contextos de incertidumbre. Desde la perspectiva de la innovación en modelos de negocio sostenibles (Molina-Castillo, Sinkovics & Sinkovics, 2021; Bashir, Alfalih & Pradhan, 2022), las tecnologías digitales permiten traducir métricas complejas en indicadores comprensibles y accionables para empresas, gobiernos y sociedad civil.

Además, la digitalización se alinea con los marcos globales de la **OECD**, el Pacto Global de Naciones Unidas y la **UNIDO**, que promueven transparencia, trazabilidad y responsabilidad corporativa (OECD, 2022b; UNIDO, 2022; United Nations Global Compact, 2021).

Este tema se organiza en cuatro subtemas:

- Big data e inteligencia artificial aplicados a la **LCA**.
- IoT y trazabilidad digital para cadenas de valor sostenibles.
- Blockchain y transparencia en sistemas de evaluación.

Plataformas digitales colaborativas y educación para la sostenibilidad.

Cada apartado profundiza en cómo estas tecnologías emergentes están reconfigurando las metodologías de ciclo de vida, generando tanto oportunidades como desafíos éticos y metodológicos.

Big data e inteligencia artificial aplicados a la LCA

La recopilación y procesamiento de datos constituye una de las barreras históricas de la **LCA**. Tradicionalmente, los estudios dependían de bases de datos limitadas y de modelos estáticos que no capturaban la dinámica de los sistemas socioecológicos. La llegada del big data y la inteligencia artificial (**IA**) abre un horizonte completamente nuevo.

Popowicz et al. (2025) señalan que los algoritmos de **IA** pueden integrar millones de registros provenientes de sensores, bases científicas y fuentes satelitales para generar evaluaciones dinámicas y predictivas. Esta capacidad permite no solo identificar impactos actuales, sino anticipar escenarios futuros en función de cambios regulatorios, tecnológicos o climáticos.

Kanger (2020) y Petrović et al. (2023) coinciden en que estas herramientas digitales refuerzan los marcos de transición socio-técnica, al proporcionar evidencia cuantitativa que guía intervenciones estratégicas. Además, la **IA** permite simular múltiples alternativas de diseño, ayudando a ingenieros y tomadores de decisiones a elegir opciones más sostenibles.

La OECD (2021b) destaca que el big data es crucial para medir la distancia hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**), mientras que la UNESCO (2021) subraya la necesidad de formar capacidades para interpretar estos flujos masivos de información. En este sentido, la **IA** no sustituye a la **LCA** tradicional, sino que la complementa y potencia, convirtiéndola en un proceso iterativo y adaptativo.

IoT y trazabilidad digital para cadenas de valor sostenibles

El Internet de las Cosas (**IoT**) permite conectar máquinas, productos y procesos a través de sensores inteligentes que recopilan información en tiempo real. Esta capacidad transforma radicalmente la **LCA**, al permitir que los análisis se actualicen automáticamente durante el ciclo de vida de un producto.

Coffay, et al. (2024) muestran cómo en la acuicultura noruega la implementación de sensores y sistemas de trazabilidad digital fortalece la resiliencia y sostenibilidad de la cadena de suministro. De manera similar, Sohn et al. (2020) proponen integrar dinámicas temporales en la **LCA**, lo que es posible gracias a la captura continua de datos que ofrece el **IoT**.

La UNIDO (2022), en sus lineamientos para eco-industrial parks, promueve el uso de tecnologías de monitoreo digital como herramienta para garantizar que las industrias cumplan estándares ambientales y sociales. Este enfoque se alinea con la visión de la OECD (2022) sobre la transformación verde de los sectores productivos, donde la trazabilidad no es solo requisito técnico, sino también condición de legitimidad en mercados internacionales. Además, la trazabilidad digital refuerza la confianza social, ya que los consumidores pueden verificar el origen y la sostenibilidad de los productos que adquieren. Aquí, la **LCA** se convierte en narrativa de transparencia, conectando producción y consumo bajo principios de responsabilidad compartida.

Blockchain y transparencia en sistemas de evaluación

La blockchain, inicialmente desarrollada para transacciones financieras, ha sido reconocida como una herramienta con gran potencial en sostenibilidad. Su capacidad para registrar datos de manera inmutable y descentralizada garantiza la transparencia de los procesos de **LCA**.

Ciulli, Kolk, Bidmon, Sprong y Hekkert (2022) sostienen que la colaboración interorganizacional puede fortalecerse mediante registros blockchain, donde múltiples actores comparten datos de ciclo de vida sin temor a manipulación. Esto es particularmente relevante en cadenas de suministro globales, donde la asimetría de información suele obstaculizar evaluaciones rigurosas.

La OECD (2021c) ya había advertido que la transparencia es un requisito indispensable para la conducta empresarial responsable. En esta línea, la blockchain no solo refuerza la credibilidad de la **LCA**, sino que también facilita auditorías externas y procesos de debida diligencia.

Sachs et al. (2024) enfatizan que la blockchain puede integrarse con métricas de resiliencia y justicia climática, garantizando que los compromisos internacionales se traduzcan en acciones verificables. A nivel sectorial, aplicaciones emergentes en agricultura y transporte muestran cómo esta tecnología ayuda a certificar prácticas sostenibles y a construir confianza entre productores, gobiernos y consumidores.

Plataformas digitales colaborativas y educación para la sostenibilidad

Más allá de las tecnologías específicas, la digitalización ha dado lugar a plataformas colaborativas que permiten compartir bases de datos, metodologías y experiencias en torno a la **LCA**. La UNESCO (2021) destaca que estas plataformas constituyen espacios de aprendizaje organizacional y social, donde la sostenibilidad se entiende como proceso colectivo de construcción de conocimiento.

Bashir, Alfalih y Pradhan (2022) proponen que la integración de métricas digitales en plataformas abiertas facilita la comparación entre sectores y regiones, lo que genera evidencia útil para diseñar políticas públicas más efectivas. Esto conecta con los lineamientos de la OECD (2022), que promueven el acceso abierto a datos de sostenibilidad como condición para atraer inversiones responsables.

Ejemplos concretos incluyen plataformas de eco-diseño y simulación digital que permiten a ingenieros, académicos y empresas experimentar con prototipos de productos en entornos virtuales antes de llevarlos al mercado. Estos entornos reducen costos, aceleran procesos de innovación y fortalecen la cultura de sostenibilidad en organizaciones (Weber, 2023).

La integración de plataformas digitales también responde al desafío de legitimidad cultural señalado por Kantabutra y Ketprapakorn (2024): las innovaciones sostenibles solo se consolidan si son percibidas como auténticas y colectivas. En este sentido, la colaboración digital democratiza el acceso al conocimiento y fortalece la confianza entre actores sociales.

Prospectiva hacia 2050: escenarios de transformación y cambio cultural

Pensar en la sostenibilidad hacia el año 2050 implica proyectar transformaciones profundas en la economía, la cultura, las instituciones y las organizaciones. Si bien los capítulos anteriores han analizado los fundamentos conceptuales de la innovación sostenible, las dinámicas organizacionales, los marcos internacionales y las metodologías de evaluación, este apartado se centra en la prospectiva: en cómo las trayectorias actuales podrían converger en distintos escenarios futuros.

La prospectiva hacia 2050 no puede entenderse únicamente como un ejercicio de predicción técnica. Es, sobre todo, un esfuerzo por identificar las fuerzas motrices —

Capítulo 4. Metodologías y Herramientas para la Sostenibilidad

tecnológicas, culturales, regulatorias, sociales y ambientales— que reconfigurarán la relación entre empresas, sociedad y naturaleza (Kanger, 2020; Petrović et al., 2023). La idea de “futuro sostenible” implica también reconocer tensiones, conflictos y desigualdades, así como la necesidad de articular gobernanzas policéntricas y transiciones justas (Sachs et al., 2024; OECD, 2021).

La literatura reciente propone diversos marcos de análisis prospectivo: desde la transición socio-técnica (Petrović et al., 2023), la justicia climática y cultural (Kantabutra & Ketprapakorn, 2024), hasta la noción de resiliencia sistémica en cadenas de valor (Zavala-Alcívar, Verdecho & Alfaro-Saiz, 2020; Weber, 2023). Estos marcos sugieren que el éxito o fracaso de las estrategias sostenibles dependerá no solo de la innovación tecnológica, sino también de la capacidad cultural para redefinir valores de progreso, equidad y justicia.

En este contexto, se estructuran cuatro subtemas:

- Gobernanza policéntrica y justicia climática.
- Marcos teóricos de transición y transformaciones socio-técnicas.
- Resiliencia organizacional y cadenas de suministro sostenibles.
- Cambio cultural y escenarios de sostenibilidad hacia 2050.

Gobernanza policéntrica y justicia climática

Hacia 2050, los sistemas tradicionales de gobernanza centralizada serán insuficientes para enfrentar los retos globales interconectados. La gobernanza policéntrica se plantea como modelo emergente, en el cual múltiples actores — Estados, organismos multilaterales, empresas, comunidades locales y sociedad civil— comparten responsabilidades y coordinan acciones.

La OECD (2021c, 2022b) enfatiza que las empresas multinacionales poseen flujos de capital y capacidad de innovación que superan a muchos Estados. Por ello, su integración en esquemas de gobernanza global es clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**). Sin embargo, la participación corporativa requiere mecanismos de debida diligencia y transparencia, para evitar que la sostenibilidad se reduzca a marketing reputacional (*greenwashing*).

La justicia climática se suma como principio central en esta gobernanza. Sachs et al. (2024) señalan que no puede hablarse de sostenibilidad real sin reconocer las desigualdades históricas en la generación de emisiones y en los impactos climáticos. Las economías industrializadas deben asumir obligaciones mayores en

financiamiento, transferencia tecnológica y reducción de emisiones, mientras que los países del Sur Global requieren apoyo para construir resiliencia.

La UNESCO (2021) subraya la necesidad de integrar justicia climática en procesos educativos y organizacionales, de manera que las nuevas generaciones comprendan la interdependencia planetaria y puedan participar en decisiones colectivas. Así, la gobernanza policéntrica no es solo un arreglo institucional, sino también un proyecto cultural de corresponsabilidad.

Marcos teóricos de transición y transformaciones socio-técnicas

El tránsito hacia 2050 demanda marcos conceptuales que expliquen cómo se producen los cambios sistémicos. Kanger (2020) identifica seis puntos de intervención en las transiciones sostenibles, que incluyen desde la innovación tecnológica hasta la transformación de instituciones y valores culturales. Su propuesta parte de la premisa de que los cambios no ocurren de manera lineal, sino a través de procesos de retroalimentación e innovación disruptiva.

Petrović et al. (2023) desarrollan el Sustainability Transition Framework, que concibe la sostenibilidad como proceso de largo plazo en el cual interactúan dimensiones técnicas, sociales, económicas y políticas. Este enfoque propone coordinar innovaciones incrementales con transformaciones estructurales profundas.

Sousa (2024), por su parte, introduce un marco de políticas energéticas sostenibles, que combina criterios de eficiencia ecológica con justicia social. La idea de transición justa implica que las políticas no deben centrarse únicamente en reducción de emisiones, sino también en garantizar acceso equitativo a recursos y oportunidades.

Finalmente, Tomai, Ramani y Papachristos (2024) sugieren marcos de innovación institucional que permitan superar la fragmentación de la gobernanza global. La creación de instituciones flexibles, capaces de integrar múltiples niveles de decisión, se convierte en condición indispensable para guiar las transiciones sostenibles hacia 2050.

Resiliencia organizacional y cadenas de suministro sostenibles

El horizonte 2050 plantea la necesidad de cadenas de suministro más resilientes y sostenibles, capaces de responder a crisis climáticas, sanitarias o geopolíticas. Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) proponen un marco conceptual para integrar resiliencia y sostenibilidad en la gestión logística.

Weber (2023) complementa este enfoque al demostrar que las organizaciones que vinculan resiliencia y sostenibilidad logran ventajas competitivas sostenidas, pues no solo resisten choques externos, sino que también se adaptan y transforman. En este sentido, la resiliencia deja de ser defensiva y se convierte en estrategia proactiva de innovación.

Casos sectoriales, como la acuicultura noruega (Coffay et al., 2024), muestran cómo tecnologías de trazabilidad y monitoreo ambiental fortalecen tanto la sostenibilidad como la resiliencia. De manera similar, los enfoques de **LCA** dinámico (Sohn et al., 2020; Shi & Yan, 2024) y las metodologías digitales (Popowicz et al., 2025) permiten anticipar riesgos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones.

La OECD (2022) y la UNIDO (2022) promueven políticas industriales que incentivan cadenas de valor bajas en carbono, mientras que el UNEP (2021) impulsa enfoques de ciclo de vida para alinear producción y consumo. Hacia 2050, la resiliencia organizacional no será solo un atributo deseable, sino un requisito para participar en mercados globales.

Cambio cultural y escenarios de sostenibilidad hacia 2050

Más allá de marcos normativos y tecnológicos, la sostenibilidad hacia 2050 dependerá de la capacidad de generar un cambio cultural profundo. Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021) advierten que mientras la sostenibilidad se conciba como estrategia periférica, las transformaciones serán limitadas. Es necesario redefinir el éxito organizacional más allá del beneficio económico, integrando prosperidad social y regeneración ambiental.

Kantabutra y Ketprapakorn (2024) sostienen que la cultura organizacional y el liderazgo transformacional son catalizadores esenciales de este cambio. Las organizaciones que internalicen valores de equidad, transparencia y justicia climática lograrán mayor legitimidad social y resiliencia a largo plazo.

La UNESCO (2021) enfatiza el papel de la educación para la sostenibilidad en la construcción de nuevas identidades colectivas. La formación de competencias críticas y creativas permitirá que las futuras generaciones participen activamente en procesos de transición cultural.

Los marcos de innovación en modelos de negocio sostenibles (Bashir et al., 2022; Ciulli et al., 2022) y las métricas comparativas (Popowicz et al., 2025) ofrecen herramientas para monitorear estos cambios, evitando caer en prácticas de *greenwashing*. En este sentido, la prospectiva hacia 2050 no es solo un ejercicio analítico, sino un proyecto civilizatorio compartido, donde la cultura de resiliencia, la cooperación internacional y la innovación socio-técnica convergen en un nuevo paradigma de sostenibilidad.

Conclusiones

La sostenibilidad ha evolucionado, en las últimas décadas, de un concepto aspiracional a un principio rector que orienta políticas, modelos de negocio y transformaciones organizacionales en múltiples escalas. Este capítulo sobre metodologías y herramientas aporta un cierre crítico a la reflexión iniciada en los capítulos previos: desde el origen y evolución del concepto (capítulo 1), la consolidación normativa y jurídica (capítulo 2), la innovación en modelos de negocio sostenibles (capítulo 3), hasta la operativización de la sostenibilidad mediante marcos metodológicos (capítulo 4). La integración de estos ejes muestra que la sostenibilidad no es una agenda fragmentada, sino un campo interdependiente que requiere articular saberes conceptuales, normativos, organizativos y técnicos.

En primer lugar, los instrumentos normativos internacionales han marcado un punto de partida ineludible para entender el alcance y los límites de la sostenibilidad. El **Convenio de Viena** (UNEP, 1985), el **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987), el **Protocolo de Kioto** (1997) y el **Acuerdo de París** (2015) evidencian una transición desde regímenes de control vinculantes con resultados concretos hasta esquemas híbridos de compromisos voluntarios (United Nations, 2015; UNEP, 1987). Tal como se señaló en el capítulo 2, la eficacia de estos marcos depende de la existencia de mecanismos de verificación y sanción, así como de la viabilidad tecnológica y financiera para cumplir los compromisos (Scordato et al., 2024). Los acuerdos no vinculantes, como la Agenda 21 (1992) o los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015), han demostrado utilidad como marcos orientadores, pero sus retrasos en implementación (United Nations, 2023, 2025) ponen de relieve la fragilidad de las iniciativas basadas solo en la voluntariedad.

Capítulo 4. Metodologías y Herramientas para la Sostenibilidad

En segundo lugar, la literatura sobre innovación en modelos de negocio sostenibles (SBMI) subraya la necesidad de trascender ajustes incrementales y avanzar hacia rediseños estructurales. Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021) muestran que la SBMI representa un cambio paradigmático al integrar valor económico, social y ambiental. Bashir, Alfalih y Pradhan (2022) complementan este aporte con la construcción de métricas de evaluación que permiten comparar la efectividad de distintas iniciativas sostenibles. Este énfasis en la medición conecta con los lineamientos de la OECD (2021c, 2022b), que insisten en la incorporación de indicadores ambientales, sociales y de gobernanza en las prácticas empresariales y de inversión responsable. Ciulli et al. (2022) y Coffay, Tveterås, Bocken y Bogers (2024) refuerzan la idea de que la colaboración interorganizacional y las capacidades dinámicas son factores determinantes para escalar las innovaciones sostenibles, en sectores tan diversos como la acuicultura noruega o la industria manufacturera global.

En este marco, las metodologías y herramientas técnicas constituyen un puente esencial entre los principios normativos y su implementación práctica. La Evaluación del Ciclo de Vida (**LCA**, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como el método más robusto para medir impactos ambientales y sociales en diferentes sectores. Estudios como los de Sohn et al. (2020) han revisado la evolución hacia enfoques dinámicos, mientras que Mulya, Zhou, Phuang, Laner y Woon (2022) sistematizan su aplicación en la gestión de residuos sólidos, y Roberts, Allen y Coley (2020) en el diseño arquitectónico sostenible. La incorporación de innovaciones digitales y big data (Popowicz, Katzer, Kettele et al., 2025) amplía las posibilidades de precisión y escalabilidad, aunque plantea desafíos en términos de interoperabilidad de datos y estandarización metodológica. Shi y Yan (2024), al explorar metodologías espacialmente explícitas, evidencian que la **LCA** no es solo una herramienta técnica, sino un marco estratégico para integrar sostenibilidad en la planificación territorial.

El análisis de estas metodologías no puede desvincularse de los marcos institucionales y de política pública. La OECD (2022) ha avanzado en proveer herramientas para transformar sectores críticos como el transporte, mientras que la UNIDO (2022) impulsa directrices para eco-parques industriales que integran sostenibilidad en la producción a escala nacional y regional. El Pacto Global de Naciones Unidas (2021) ha fortalecido la autorregulación corporativa, aunque con limitaciones vinculadas a la ausencia de mecanismos coercitivos. Por su parte, UNESCO (2021) insiste en que la sostenibilidad solo se consolida si se convierte en parte del aprendizaje organizacional y cultural, vinculando la educación con la gestión empresarial.

De cara al futuro, las perspectivas hacia 2050 exigen un enfoque policéntrico de gobernanza y un compromiso con la justicia climática. Sachs et al. (2024) advierten

Capítulo 4. Metodologías y Herramientas para la Sostenibilidad

que los avances no pueden medirse únicamente por eficiencia ecológica, sino que deben incluir equidad, resiliencia y justicia intergeneracional. Los marcos de transición socio-técnica (Kanger, 2020; Petrović et al., 2023; Sousa, 2024; Tomai, Ramani & Papachristos, 2024) ofrecen herramientas analíticas para guiar procesos de cambio estructural en contextos de alta incertidumbre. Asimismo, Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) y Weber (2023) destacan que la resiliencia organizacional y en cadenas de suministro es indispensable en un escenario global caracterizado por crisis múltiples, desde pandemias hasta tensiones geopolíticas.

El balance general de los capítulos permite concluir que la sostenibilidad se sostiene en la intersección de tres pilares: normativos, que establecen el marco de referencia internacional; organizacionales, que determinan cómo las empresas y gobiernos implementan cambios; y metodológicos, que proporcionan las herramientas para medir y gestionar el impacto. Ninguno de estos pilares es suficiente por sí mismo. La experiencia demuestra que los acuerdos internacionales fracasan sin mecanismos metodológicos de seguimiento; que las innovaciones empresariales pierden legitimidad si no se sustentan en métricas verificables; y que las metodologías carecen de impacto si no se insertan en marcos culturales y organizativos que reconozcan la sostenibilidad como principio rector.

En definitiva, la sostenibilidad debe entenderse como un proyecto civilizatorio compartido, donde la ciencia, las políticas públicas, las empresas y la sociedad convergen en la construcción de futuros viables. Tal como señala UNESCO (2021), el tiempo es un factor crítico, y la carrera hacia un desarrollo más inteligente y justo se enfrenta a un horizonte de urgencias y oportunidades. El reto no es menor: requiere transformar la forma en que medimos el progreso, diseñamos nuestras instituciones, gestionamos los negocios e innovamos con sentido de equidad y justicia.

CAPÍTULO 5. RETOS Y PERSPECTIVAS DE LA SOSTENIBILIDAD



La justicia ambiental y la sostenibilidad global constituyen ejes convergentes en la agenda contemporánea de desarrollo sostenible. A medida que las crisis climática, ecológica y social se intensifican, el concepto de sostenibilidad ha dejado de ser un asunto técnico o económico para convertirse en un principio ético, político y civilizatorio. Este capítulo examina cómo la justicia ambiental, entendida como la búsqueda de equidad en la distribución de beneficios, cargas y oportunidades ambientales, se ha integrado en los marcos teóricos, institucionales y normativos de la sostenibilidad global.

En su primera sección, se abordan los **fundamentos teóricos y conceptuales** de la justicia ambiental, vinculando su evolución con el surgimiento del pensamiento sostenible desde los años setenta —particularmente a partir del *Informe Brundtland* (1987) y la *Cumbre de Río* (1992)— hasta su consolidación como un marco interdisciplinario que articula ecología, economía, sociología y derecho. Se enfatiza que la justicia ambiental no se limita a la distribución equitativa de recursos, sino que incorpora dimensiones procedimentales y de reconocimiento cultural, dando voz a

comunidades tradicionalmente excluidas y promoviendo la pluralidad de valores ecológicos y sociales.

La segunda sección profundiza en la **incorporación de la justicia ambiental en los acuerdos internacionales**, desde el *Protocolo de Montreal (1987)* y el *Protocolo de Kioto (1997)* hasta el *Acuerdo de París (2015)* y los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015–2030)*. Se analiza cómo estos instrumentos han evolucionado desde la cooperación técnica hacia la integración de principios de equidad, participación y reconocimiento, aunque persisten brechas significativas en su implementación y en la distribución de responsabilidades entre Norte y Sur global.

Posteriormente, el texto examina el papel de los **actores no estatales** —empresas, organizaciones civiles, comunidades locales y academia— en la operacionalización de la justicia ambiental. Se destaca cómo la innovación en modelos de negocio sostenibles (SBMI) y las redes globales como el *Pacto Global de las Naciones Unidas* han ampliado la participación en la agenda de sostenibilidad, convirtiendo la justicia ambiental en una estrategia de legitimidad, resiliencia y competitividad.

La cuarta parte del capítulo analiza los **retos contemporáneos y las perspectivas hacia 2050**, donde la gobernanza policéntrica, la justicia climática y la cooperación internacional se presentan como pilares indispensables para enfrentar las crisis múltiples del siglo XXI. Se sostiene que la equidad intergeneracional y la responsabilidad diferenciada deben guiar la acción global frente al cambio climático, la pérdida de biodiversidad y las desigualdades estructurales, evitando prácticas de *greenwashing* y garantizando mecanismos efectivos de rendición de cuentas.

Finalmente, se exploran las **dimensiones emergentes de la justicia ambiental** en relación con la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la digitalización de la sostenibilidad. Se argumenta que la transición verde y tecnológica solo será justa si incorpora mecanismos de acceso equitativo, transferencia tecnológica y cooperación educativa, tal como subrayan la *UNESCO (2021)*, la *UNIDO (2022)* y la *OCDE (2023)*. La justicia ambiental, en este sentido, se configura como el núcleo ético y operativo de una sostenibilidad global que aspira a transformar las estructuras de poder, los modelos productivos y las culturas sociales hacia un futuro más equitativo, resiliente y solidario.

Justicia ambiental y sostenibilidad global

La justicia ambiental ha emergido en las últimas décadas como un eje fundamental en la discusión sobre sostenibilidad global. Si bien los marcos iniciales de desarrollo sostenible se centraban en la compatibilidad entre crecimiento económico y preservación ecológica, los nuevos enfoques han resaltado la necesidad de integrar principios de equidad social, cultural y generacional en la gestión de los recursos naturales y en la transición hacia modelos de producción más sostenibles (Clark & Miles, 2021; Lenzi et al., 2023). La sostenibilidad ya no puede concebirse únicamente como un asunto de eficiencia tecnológica o de gobernanza ambiental, sino como un proyecto civilizatorio que busca responder a las desigualdades históricas y contemporáneas que han marcado la relación entre países, comunidades y ecosistemas (McCauley et al., 2024).

En este sentido, los organismos internacionales han subrayado la importancia de vincular la justicia con la sostenibilidad. El informe especial de Naciones Unidas (2023a) destaca que la agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**) se encuentra en un punto crítico, con avances desiguales y brechas significativas entre países desarrollados y en desarrollo. De igual manera, la OECD (2023) enfatiza que la transición hacia economías de cero emisiones netas requiere políticas que contemplen tanto la resiliencia climática como la equidad social. Por su parte, la UNESCO (2021) ha advertido que los cambios culturales y educativos son indispensables para garantizar que los principios de sostenibilidad se integren en los valores colectivos y no se reduzcan a simples metas técnicas.

La justicia ambiental, en consecuencia, representa un marco conceptual y normativo que articula tres dimensiones: la justicia distributiva, que busca una repartición equitativa de beneficios y cargas ambientales; la justicia procedimental, que garantiza participación inclusiva en la toma de decisiones; y la justicia de reconocimiento, que valida los saberes y valores de comunidades históricamente marginadas en los procesos de conservación y desarrollo (Wijsman, 2022; Vaishnav, 2023). Estas dimensiones constituyen la base analítica para entender cómo la sostenibilidad puede transformarse en un proyecto global que responda simultáneamente a desafíos ambientales, sociales y económicos.

Fundamentos teóricos y conceptuales de la justicia ambiental

Los fundamentos de la justicia ambiental se relacionan con la evolución del concepto de sostenibilidad y con el reconocimiento de que los impactos ambientales afectan de manera desigual a distintas poblaciones. Desde los primeros debates sobre sostenibilidad en los años setenta, cristalizados en el **Informe Brundtland** (United Nations, 1987), la noción de equidad intergeneracional estuvo presente como un principio central. Sin embargo, solo en las décadas posteriores se consolidó un enfoque explícito de justicia ambiental, especialmente a partir de los movimientos sociales en Estados Unidos y América Latina que denunciaron la localización de industrias contaminantes en comunidades vulnerables (Clark & Miles, 2021).

Este marco teórico se expandió en los años noventa y dos mil con la incorporación de la justicia ambiental en el ámbito internacional, a través de conferencias como la Cumbre de Río (1992) y la Agenda 21 (United Nations, 1992). Estos instrumentos no solo plantearon la necesidad de integrar políticas ambientales con desarrollo económico, sino que destacaron la urgencia de asegurar la participación de actores locales en la toma de decisiones. La justicia procedimental, entendida como la inclusión de múltiples voces en los procesos de gobernanza, se convirtió en un elemento esencial para legitimar la acción internacional en sostenibilidad (Molina-Castillo et al., 2021).

En términos conceptuales, la justicia ambiental ha evolucionado para abarcar distintas dimensiones de análisis. Lenzi et al. (2023) sostienen que el reconocimiento de los valores plurales de la naturaleza es indispensable para avanzar en políticas de biodiversidad y conservación. La justicia no puede limitarse a compensar daños ambientales o a distribuir recursos de forma más equitativa; también debe incluir el respeto por cosmovisiones indígenas y comunitarias que ofrecen perspectivas alternativas de relación con los ecosistemas. Esta ampliación de la noción de justicia está en sintonía con los planteamientos de la UNESCO (2021), que ha insistido en que la sostenibilidad requiere transformaciones culturales profundas que trasciendan la lógica instrumental de la naturaleza.

La literatura reciente también resalta la interrelación entre justicia ambiental y justicia climática. Sachs et al. (2024) advierten que los países industrializados tienen responsabilidades diferenciadas frente al cambio climático, no solo por sus emisiones históricas, sino por su capacidad tecnológica y financiera para mitigar impactos. Este principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas ha sido incorporado en acuerdos como el **Acuerdo de París** (United Nations, 2015), donde la noción de

justicia se vincula directamente con compromisos nacionales voluntarios que buscan equilibrar soberanía y acción colectiva.

Otro aporte conceptual proviene de los estudios sobre capacidades dinámicas en sostenibilidad, que subrayan la importancia de la adaptabilidad institucional y organizacional para enfrentar crisis ambientales y sociales (Coffay et al., 2024). La justicia ambiental, desde esta perspectiva, se conecta con la resiliencia: no se trata únicamente de distribuir recursos de manera justa, sino de fortalecer la capacidad de respuesta de comunidades y organizaciones frente a crisis múltiples. Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) vinculan esta idea con la gestión de cadenas de suministro sostenibles, donde la justicia implica también asegurar que los costos y beneficios de la transición sostenible no recaigan desproporcionadamente sobre ciertos sectores.

Finalmente, la justicia ambiental se consolida como un marco interdisciplinario que integra economía, ecología, sociología y derecho. McCauley et al. (2024) destacan que el campo ha pasado de ser una categoría marginal a convertirse en un principio estructurante de la investigación en sostenibilidad. Este tránsito refleja la maduración de la agenda internacional, donde organismos como la OECD (2021b, 2022b, 2023b) y el UNEP (2022) han incorporado explícitamente la noción de justicia en sus reportes estratégicos. Así, la justicia ambiental ya no es solo una demanda de movimientos sociales, sino una referencia indispensable para la formulación de políticas globales y nacionales.

Justicia ambiental en acuerdos internacionales

La justicia ambiental se ha incorporado progresivamente en los acuerdos internacionales como un eje articulador entre sostenibilidad, derechos humanos y cooperación global. Desde el **Convenio de Viena** (UNEP, 1985) y el **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987), los marcos normativos ambientales han reconocido la necesidad de responsabilidades compartidas en la protección del planeta. Estos instrumentos demostraron que la acción coordinada puede tener éxito cuando existen alternativas tecnológicas viables y mecanismos claros de verificación (UNEP, 1987). Sin embargo, en aquel momento la noción de justicia se limitaba a la idea de equidad intergeneracional y a la cooperación técnica, sin un desarrollo explícito de justicia distributiva o procedimental.

El **Protocolo de Kioto** (1997) fue el primer tratado que incluyó compromisos diferenciados de reducción de emisiones, asignando responsabilidades más estrictas a los países industrializados. Este enfoque incorporó el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, que constituye una de las bases normativas de la justicia

climática (United Nations, 1997). No obstante, la salida de algunos países clave y la falta de cumplimiento de metas revelaron las limitaciones de los esquemas basados en obligaciones rígidas sin un respaldo universal (Scordato et al., 2024).

Con el **Acuerdo de París** (2015), la justicia ambiental adquirió un carácter más explícito al introducir las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDCs), donde cada país define su nivel de compromiso según sus capacidades y circunstancias. Este modelo híbrido busca conciliar soberanía nacional y acción colectiva, con revisiones periódicas que pretenden incrementar la ambición. Sachs et al. (2024) subrayan que este esquema refleja un intento de integrar justicia distributiva (asignación equitativa de esfuerzos), justicia procedimental (participación inclusiva en los foros internacionales) y justicia de reconocimiento (atención a los contextos locales y regionales).

Además de los acuerdos vinculantes, existen marcos no vinculantes que han influido en la incorporación de la justicia ambiental en políticas nacionales. La Agenda 21 (1992) fue pionera al proponer planes de acción con participación ciudadana en múltiples sectores. Posteriormente, los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000) y los **ODS** (2015) ampliaron la discusión hacia metas cuantificables, incluyendo la reducción de desigualdades sociales y el acceso equitativo a servicios básicos (United Nations, 2023a). Sin embargo, informes recientes evidencian retrasos significativos, lo que cuestiona la eficacia de estos marcos voluntarios para garantizar justicia ambiental efectiva (United Nations, 2023b).

La OECD (2021, 2022, 2023) ha desempeñado un papel relevante en vincular la justicia ambiental con la medición del progreso sostenible. Sus reportes sobre la distancia a las metas de los **ODS** revelan asimetrías entre países y regiones, destacando que el rezago en justicia social y ambiental amenaza la legitimidad de la agenda internacional. Asimismo, la UNESCO (2021) plantea que la justicia ambiental debe integrarse en procesos educativos y culturales, de modo que se genere una conciencia colectiva que legitime las transformaciones estructurales.

En suma, los acuerdos internacionales han evolucionado de enfoques centrados en la cooperación técnica hacia marcos más amplios que buscan articular justicia, sostenibilidad y gobernanza global. Aun así, persisten dilemas sobre cómo garantizar mecanismos de cumplimiento efectivos y cómo traducir los principios abstractos de justicia en acciones concretas.

Actores no estatales y justicia ambiental

La justicia ambiental no depende únicamente de los Estados y organismos multilaterales; también involucra a una amplia gama de actores no estatales, como empresas, organizaciones de la sociedad civil, comunidades locales y academia. Estos actores desempeñan un papel crucial en la operacionalización de los principios de justicia en contextos concretos.

En el ámbito empresarial, la innovación en modelos de negocio sostenibles (SBMI) se ha posicionado como un vehículo para integrar sostenibilidad y justicia en la práctica. Molina-Castillo, Sinkovics y Sinkovics (2021) argumentan que los modelos de negocio sostenibles deben redefinir la creación de valor, incorporando criterios de equidad social y ambiental. De manera complementaria, Bashir, Alfalih y Pradhan (2022) desarrollan herramientas de medición que permiten evaluar el grado en que las empresas incorporan justicia ambiental en sus operaciones, más allá de los indicadores financieros tradicionales.

La colaboración intersectorial es otro componente esencial. Ciulli et al. (2022) destacan que el escalamiento de innovaciones sostenibles requiere alianzas entre gobiernos, empresas y sociedad civil. Ejemplos como el de la acuicultura noruega, analizado por Coffay, Tveterås, Bocken y Bogers (2024), muestran que las empresas que integran justicia ambiental en sus rutinas organizativas logran mayor resiliencia y legitimidad social. Estos casos evidencian que la justicia no es solo un principio normativo, sino también una estrategia competitiva.

Las organizaciones internacionales han promovido espacios de articulación para actores no estatales. El Pacto Global de Naciones Unidas (2021) constituye la red de sostenibilidad corporativa más grande del mundo, incentivando a las empresas a adoptar principios universales de derechos humanos, medio ambiente y lucha contra la corrupción. Aunque voluntario, este marco ejerce presión reputacional sobre las empresas, fomentando la justicia procedimental y el aprendizaje organizacional (Kantabutra & Ketprapakorn, 2024).

Las comunidades locales y los movimientos sociales también han impulsado avances significativos. La justicia ambiental se originó en gran medida de las luchas de comunidades que denunciaron el racismo ambiental y la inequidad en la exposición a riesgos (Clark & Miles, 2021). Actualmente, su participación sigue siendo esencial para legitimar políticas y acuerdos. Lenzi et al. (2023) subrayan que la justicia de reconocimiento implica validar los valores y saberes de estas comunidades, lo que resulta indispensable para diseñar soluciones sostenibles culturalmente pertinentes.

La academia contribuye al consolidar marcos analíticos y metodológicos. Estudios recientes sobre análisis de ciclo de vida (LCA) en sectores como la gestión de residuos (Mulya et al., 2022) o la construcción (Roberts et al., 2020) integran justicia ambiental al evidenciar los impactos diferenciados de distintas tecnologías. Asimismo, Popowicz et al. (2025) muestran cómo las tecnologías digitales pueden mejorar la transparencia en la evaluación de impactos, facilitando la rendición de cuentas y fortaleciendo la justicia procedimental. Así, los actores no estatales complementan y, en ocasiones, suplen las limitaciones de los marcos estatales, convirtiéndose en motores indispensables de justicia ambiental en la práctica.

Retos y perspectivas hacia 2050

El horizonte hacia 2050 plantea retos significativos para la consolidación de la justicia ambiental como principio rector de la sostenibilidad global. Los informes recientes advierten que los avances hacia los **ODS** son insuficientes y que las crisis múltiples —climática, sanitaria, económica y geopolítica— amenazan con revertir logros alcanzados (United Nations, 2023a, 2023b; OECD, 2023b).

Uno de los principales desafíos es la articulación de una gobernanza policéntrica, donde múltiples actores —Estados, empresas, comunidades locales y sociedad civil— compartan responsabilidades. Kanger (2020) y Petrović et al. (2023) destacan que las transiciones sostenibles requieren intervenciones coordinadas en distintos niveles, desde la innovación tecnológica hasta la transformación cultural. Esta perspectiva refuerza la necesidad de marcos de justicia que aseguren equidad en la distribución de beneficios y cargas.

La justicia climática se perfila como un componente central en este proceso. Sachs et al. (2024) sostienen que la equidad debe considerar las desigualdades históricas en la generación de emisiones y en la capacidad de respuesta frente a crisis. En este sentido, los países industrializados tienen mayores obligaciones en financiamiento y transferencia tecnológica, lo que implica diseñar mecanismos efectivos de cooperación que eviten agravar las brechas Norte-Sur.

Otro reto es el riesgo de greenwashing y de prácticas superficiales que instrumentalicen el discurso de la justicia ambiental sin cambios estructurales. Molina-Castillo et al. (2021) advierten que la legitimidad de las iniciativas depende de su capacidad de demostrar impactos tangibles. Para ello, se requieren métricas robustas y comparables, como las propuestas por Bashir et al. (2022), que permitan evaluar la integración de justicia y sostenibilidad en distintos contextos.

Las cadenas de suministro globales representan tanto un desafío como una oportunidad. Zavala-Alcívar, Verdecho y Alfaro-Saiz (2020) y Weber (2023) subrayan que la resiliencia organizacional está vinculada a la capacidad de integrar criterios de sostenibilidad en la gestión logística. La justicia ambiental, en este contexto, implica asegurar que los costos de la transición no recaigan desproporcionadamente en trabajadores o comunidades vulnerables.

Hacia el futuro, la perspectiva educativa y cultural será decisiva. La UNESCO (2021) insiste en que la justicia ambiental debe integrarse en los sistemas educativos, promoviendo competencias que permitan a las nuevas generaciones participar activamente en procesos de gobernanza inclusiva. Vaishnav (2023) añade que las tecnologías verdes tienen implicaciones directas en términos de equidad, ya que pueden generar tanto oportunidades como nuevas desigualdades.

En conclusión, el horizonte 2050 dependerá de la capacidad de articular compromisos internacionales, innovación tecnológica, educación transformadora y mecanismos efectivos de justicia ambiental. Solo así será posible consolidar una sostenibilidad que no se limite a indicadores técnicos, sino que responda a los principios de equidad, resiliencia y legitimidad social.

Crisis climática y pérdida de biodiversidad: límites planetarios y riesgos globales

La sostenibilidad contemporánea se encuentra atravesada por la urgencia de responder a la crisis climática y la acelerada pérdida de biodiversidad, fenómenos que no solo ponen en riesgo los ecosistemas naturales, sino que también desafían la viabilidad económica y social de las sociedades humanas. El concepto de límites planetarios ha adquirido centralidad en este debate, al plantear que existen umbrales biofísicos cuyo rebasamiento amenaza con desencadenar transformaciones irreversibles en los sistemas de soporte de la vida. Esta perspectiva, retomada por informes globales recientes, permite articular la crisis ambiental con la necesidad de marcos de acción política, tecnológica y cultural que integren múltiples escalas de gobernanza (United Nations, 2023a; OECD, 2023b).

El cambio climático constituye el eje central de estos límites. El Emissions Gap Report del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente advierte que, de mantenerse las trayectorias actuales, el aumento de la temperatura global superará los 2.8 °C hacia finales del siglo XXI, muy por encima del umbral de seguridad

establecido en el **Acuerdo de París** (UNEP, 2022). La brecha entre los compromisos nacionales (**NDCs**) y las reducciones necesarias refleja una asimetría estructural: mientras algunos países avanzan en la descarbonización de sus economías, otros continúan dependiendo de combustibles fósiles como base de su desarrollo, lo que genera un desequilibrio en la distribución de responsabilidades y capacidades. Este escenario ha llevado a que la justicia climática se convierta en una dimensión esencial del debate internacional, en la que se exige reconocer las desigualdades históricas en la generación de emisiones y en la vulnerabilidad de las poblaciones más afectadas (Lenzi et al., 2023; Clark & Miles, 2021).

Biodiversidad y riesgo sistémico

A la par, la pérdida de biodiversidad constituye un riesgo sistémico con implicaciones de largo alcance. Los ecosistemas proveen servicios esenciales como la polinización, la regulación hídrica y la captura de carbono, sin los cuales las sociedades humanas no podrían sostener su productividad económica ni su bienestar social. Sin embargo, el último Global Sustainable Development Report de Naciones Unidas señala que más de un millón de especies están en riesgo de extinción en las próximas décadas si no se revierten las tendencias actuales (United Nations, 2023b). La degradación de hábitats, la sobreexplotación de recursos, la contaminación y el cambio climático interactúan en un círculo vicioso que acelera la pérdida de capital natural y compromete la resiliencia de los sistemas socioecológicos.

El Foro Económico Mundial (**WEF**) ha incluido de manera recurrente los riesgos ambientales —crisis de biodiversidad, eventos climáticos extremos y desastres naturales— entre las principales amenazas para la economía global (World Economic Forum, 2023). En su perspectiva, la sostenibilidad ya no puede ser concebida como una cuestión periférica, sino como un elemento estructural de la competitividad y la estabilidad de los mercados. El reconocimiento de que la degradación ambiental es también un riesgo financiero ha impulsado una creciente convergencia entre las agendas ecológicas y las económicas, donde los instrumentos de política climática se combinan con innovaciones tecnológicas y financieras para impulsar la transición hacia economías bajas en carbono.

El abordaje de estas crisis múltiples también exige herramientas metodológicas robustas que permitan evaluar impactos y orientar la toma de decisiones. La literatura sobre análisis de ciclo de vida (**LCA**, por sus siglas en inglés) ha demostrado su potencial como instrumento de diagnóstico integral para medir la huella ambiental de productos, procesos y sectores económicos. Mulya et al. (2022) señalan que esta metodología ha evolucionado hacia un enfoque más holístico que incorpora no solo

dimensiones ambientales, sino también sociales y económicas. Avances recientes incluyen la integración de tecnologías digitales para el monitoreo dinámico, lo que permite capturar variaciones temporales y espaciales en los impactos ambientales (Popowicz et al., 2025; Shi & Yan, 2024). Estos desarrollos muestran que la respuesta a la crisis climática y de biodiversidad no puede basarse únicamente en compromisos políticos, sino que requiere de instrumentos técnicos capaces de medir, verificar y comparar resultados de manera objetiva y transparente.

Interacción de políticas públicas

La interacción entre políticas públicas y herramientas científicas se observa con claridad en sectores como el de la construcción y la infraestructura. Roberts, Allen y Coley (2020) destacan que la incorporación de **LCA** en el diseño de edificaciones permite reducir significativamente las emisiones asociadas a los materiales y a los ciclos de vida de los edificios, representando una estrategia clave para alcanzar metas de neutralidad de carbono. De manera similar, Sohn et al. (2020) plantean la necesidad de enfoques dinámicos de **LCA** que capturen la evolución temporal de las tecnologías y los patrones de consumo, reconociendo que los impactos de las decisiones actuales se proyectan a lo largo de varias décadas.

En este marco, el desafío de la gobernanza ambiental radica en articular los compromisos globales con acciones nacionales y locales que sean coherentes y efectivas. La **OCDE** ha insistido en que las políticas de sostenibilidad deben combinar herramientas regulatorias, incentivos económicos e instrumentos de cooperación internacional para enfrentar de manera integral los riesgos climáticos y de biodiversidad (OECD, 2021a; OECD, 2022a). Esta perspectiva reconoce que la transición hacia la sostenibilidad requiere no solo voluntad política, sino también la construcción de capacidades institucionales, tecnológicas y sociales que permitan implementar los compromisos adquiridos en foros internacionales.

Finalmente, la dimensión ética y cultural no puede ser omitida en el análisis de la crisis climática y de biodiversidad. Wijsman (2022) advierte que los debates sobre sostenibilidad deben trascender los marcos técnicos y económicos para integrar consideraciones de justicia, equidad y valores culturales. La protección de la biodiversidad y la lucha contra el cambio climático no son únicamente desafíos de gestión ambiental, sino también procesos que cuestionan los modelos de desarrollo y las visiones de bienestar predominantes. En este sentido, la sostenibilidad se presenta como un proyecto civilizatorio que exige replantear las relaciones entre seres humanos y naturaleza, así como los principios de equidad intergeneracional.

Innovación tecnológica y digitalización para la sostenibilidad

La sostenibilidad contemporánea no puede entenderse sin la transformación tecnológica y la digitalización como motores de cambio estructural. A diferencia de décadas anteriores, en las que la innovación se vinculaba principalmente con la eficiencia productiva o la competitividad empresarial, hoy se reconoce que las tecnologías digitales, las plataformas de datos masivos y las soluciones basadas en inteligencia artificial constituyen herramientas indispensables para enfrentar la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y las crecientes desigualdades sociales. Organismos como la UNESCO (2021) y la ONU (2023b) han subrayado que la transición sostenible requiere de un nuevo contrato social y tecnológico, en el que la ciencia y la digitalización se orienten hacia fines colectivos, equitativos y ambientalmente responsables.

En este marco, la innovación tecnológica no es un proceso neutral: está atravesada por dilemas éticos, tensiones distributivas y riesgos de exclusión. Como enfatizan McCauley et al. (2024), el futuro de la sostenibilidad dependerá de la capacidad de integrar justicia ambiental y justicia tecnológica, garantizando que los beneficios de las transformaciones digitales no se concentren en pocos actores globales, sino que se distribuyan de manera equitativa entre países, sectores y comunidades. Por ello, el debate actual sobre sostenibilidad tecnológica combina tres ejes inseparables: **la reducción de impactos ambientales mediante tecnologías limpias, la construcción de resiliencia a través de herramientas digitales avanzadas y la democratización del acceso a la innovación** como condición para la justicia climática.

Tecnologías verdes y transición energética

Uno de los campos donde la innovación tecnológica ha mostrado mayor potencial transformador es el de la **transición energética**. El desarrollo de energías renovables, redes inteligentes y sistemas de almacenamiento avanzados se ha convertido en pilar de las estrategias internacionales para alcanzar la neutralidad de carbono hacia mediados de siglo. La OCDE (2022) destaca que el transporte es uno de los sectores donde la innovación verde es más urgente, ya que concentra una parte significativa de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Sus lineamientos para la transformación verde del transporte insisten en la necesidad de combinar incentivos fiscales, regulación y digitalización de la movilidad para acelerar la electrificación de

vehículos, el uso de biocombustibles sostenibles y la creación de infraestructuras resilientes.

El impacto de estas transformaciones se extiende más allá del sector energético. El informe del **PNUMA** (UNEP, 2022) advierte que sin un despliegue masivo de tecnologías de baja emisión, la brecha entre los compromisos de mitigación y los objetivos del **Acuerdo de París** seguirá ampliándose. Esto implica que la innovación tecnológica debe ser vista como un acelerador del cumplimiento de los **ODS**, pero también como una estrategia de competitividad global. Sachs et al. (2024) sostienen que las inversiones en tecnologías verdes no representan un costo, sino una apuesta por la resiliencia económica, capaces de incrementar el PIB mundial a largo plazo mediante la creación de empleos verdes, cadenas de valor más robustas y sistemas energéticos más seguros.

El debate sobre **justicia tecnológica** también aparece aquí como un factor central. Vaishnav (2023) advierte que el acceso desigual a tecnologías limpias puede reproducir las asimetrías entre Norte y Sur global, dejando a los países en desarrollo atrapados en economías intensivas en carbono. De ahí la importancia de mecanismos de financiamiento justo y transferencia tecnológica, como lo señala la UNIDO (2022) en sus directrices para políticas industriales sostenibles. Sin este tipo de cooperación, la transición energética corre el riesgo de convertirse en un privilegio de economías avanzadas, en lugar de un proyecto inclusivo y global.

Digitalización y herramientas de monitoreo ambiental

La **digitalización** ofrece una segunda línea de transformación, especialmente en la capacidad de medir, monitorear y gestionar impactos ambientales en tiempo real. Herramientas como el **análisis de ciclo de vida dinámico (LCA)** han evolucionado gracias a la incorporación de tecnologías digitales y bases de datos integradas, lo que permite capturar los efectos temporales y espaciales de las actividades productivas.

Popowicz et al. (2025) señalan que la integración de inteligencia artificial y sensores inteligentes en el LCA abre nuevas posibilidades para comprender los impactos acumulativos de sectores como el transporte, la construcción y la agricultura. De igual modo, Shi y Yan (2024) resaltan que los enfoques espacialmente explícitos en el LCA permiten capturar diferencias regionales críticas para diseñar políticas más efectivas y justas.

El uso de tecnologías digitales también se ha expandido hacia la construcción de **infraestructuras resilientes**. Roberts, Allen y Coley (2020) muestran que la aplicación de **LCA** en la etapa de diseño arquitectónico permite optimizar materiales y reducir

emisiones a lo largo del ciclo de vida de los edificios. Esto no solo contribuye a la mitigación climática, sino que redefine el papel de la innovación digital en sectores tradicionales, consolidando un vínculo entre eficiencia tecnológica y sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, el **Foro Económico Mundial (2023)** ha destacado que la digitalización no solo es un instrumento de eficiencia, sino también un factor de riesgo: la creciente dependencia de datos y algoritmos puede generar vulnerabilidades, desde ciberataques hasta monopolios digitales que concentran poder en pocas corporaciones. En este sentido, la sostenibilidad digital exige tanto el aprovechamiento de tecnologías avanzadas como la creación de marcos regulatorios que garanticen transparencia, equidad y protección de los bienes comunes digitales.

Inteligencia artificial, big data y justicia climática

La **inteligencia artificial (IA)** y el **big data** se han consolidado como ejes estratégicos para la sostenibilidad. Su capacidad para procesar volúmenes masivos de información facilita la identificación de patrones en el consumo energético, la predicción de eventos climáticos extremos y la optimización de cadenas de suministro globales. UNESCO (2021) subraya que el uso de estas tecnologías debe estar orientado a un propósito social y ambiental, evitando que se conviertan en herramientas de exclusión o en mecanismos para perpetuar desigualdades.

El potencial de la IA en sostenibilidad se observa en tres ámbitos clave: **la predicción climática avanzada, la gestión de recursos naturales y la innovación en modelos de negocio sostenibles**. Bashir, Alfalih y Pradhan (2022) aportan en este sentido una escala de medición que permite evaluar cómo las empresas integran la sostenibilidad en sus modelos de negocio. Su propuesta, vinculada con métricas de innovación sostenible, se complementa con los lineamientos de la OECD (2021) sobre conducta empresarial responsable, que demandan transparencia y rendición de cuentas en el uso de nuevas tecnologías.

Sin embargo, el despliegue de IA también plantea **retos de justicia climática**. Clark y Miles (2021) señalan que la integración de sostenibilidad en la práctica tecnológica debe reconocer que los impactos no son homogéneos: las comunidades vulnerables suelen enfrentar mayores riesgos derivados del cambio climático y, paradójicamente, tienen menor acceso a los beneficios de la digitalización. De ahí la necesidad de marcos de gobernanza que aseguren que los avances tecnológicos se traduzcan en resiliencia para todos, y no solo en ventajas competitivas para algunos sectores.

En este sentido, McCauley et al. (2024) destacan que la sostenibilidad tecnológica debe incluir un componente explícito de justicia, lo cual implica diseñar políticas de acceso equitativo, mecanismos de compensación y procesos participativos en la implementación de innovaciones digitales. La IA, por tanto, no debe ser vista únicamente como un motor de eficiencia, sino como una oportunidad para democratizar la capacidad de anticipar y responder a crisis globales.

Ecosistemas de innovación y cooperación internacional

La innovación tecnológica y digital no se desarrolla en un vacío: requiere de **ecosistemas colaborativos** que integren empresas, gobiernos, academia y sociedad civil. Ciulli et al. (2022) han demostrado que la colaboración intersectorial es clave para escalar modelos de negocio sostenibles, superando las limitaciones de recursos y legitimidad que enfrentan los actores individuales. Ejemplos como el Pacto Global de Naciones Unidas (2021) evidencian que las redes internacionales pueden convertirse en plataformas de aprendizaje y cooperación, donde las innovaciones digitales y verdes se articulan con compromisos de sostenibilidad.

El papel de la cooperación internacional es particularmente relevante para reducir brechas de innovación. La UNESCO (2021) insiste en que la sostenibilidad debe ser entendida como un proceso de aprendizaje colectivo, en el que los sistemas educativos y las organizaciones desarrollen capacidades compartidas para el uso de tecnologías avanzadas. De manera complementaria, la UNIDO (2022) subraya la necesidad de políticas industriales que fomenten clústeres de innovación sostenible, donde empresas y comunidades locales colaboren en el desarrollo de capacidades tecnológicas y en la transferencia de conocimientos.

El futuro de la sostenibilidad tecnológica también depende de la **gobernanza policéntrica**. La OCDE (2023) sostiene que los escenarios hacia la neutralidad climática requieren articular compromisos globales con políticas nacionales, al tiempo que se integran mecanismos de justicia climática que reconozcan las desigualdades históricas. En este sentido, la digitalización y la innovación no deben ser vistas como soluciones aisladas, sino como parte de un entramado de cooperación que combine marcos normativos, inversión sostenible y transformaciones culturales.

Gobernanza policéntrica, justicia climática y cooperación global hacia 2050

La sostenibilidad global enfrenta un escenario de creciente complejidad que desborda los marcos tradicionales de gobernanza. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad, las crisis sanitarias y las tensiones geopolíticas interactúan en formas cada vez más interdependientes, lo que hace insuficientes los modelos jerárquicos centrados en los Estados nacionales. En este contexto, la **gobernanza policéntrica** ha emergido como un paradigma alternativo, que propone la articulación de múltiples actores —gobiernos, organismos internacionales, empresas, comunidades locales, academia y sociedad civil— en redes dinámicas de toma de decisiones (Kanger, 2020; Petrović et al., 2023).

La idea central es que la sostenibilidad no puede ser gestionada desde un único nivel de autoridad, sino mediante **múltiples centros de poder interconectados**, capaces de responder a crisis locales sin perder de vista los compromisos globales. Este enfoque resulta especialmente relevante en un horizonte hacia 2050, en el que la humanidad deberá haber alcanzado la neutralidad climática y adaptado sus sistemas productivos y sociales a los límites planetarios (United Nations, 2023a; OECD, 2023b).

Al mismo tiempo, la noción de **justicia climática** se convierte en eje fundamental. Como subrayan Lenzi et al. (2023) y McCauley et al. (2024), las responsabilidades históricas y las capacidades diferenciadas obligan a diseñar políticas que reconozcan las desigualdades en la generación de impactos y en la capacidad de respuesta. En este marco, la cooperación global debe reconfigurarse no solo como un mecanismo de transferencia de recursos, sino como un pacto intergeneracional que garantice resiliencia, equidad y legitimidad.

Gobernanza policéntrica y sostenibilidad global

La gobernanza policéntrica ha sido planteada como una alternativa a la fragmentación que caracteriza los regímenes ambientales internacionales. Mientras que acuerdos como el **Protocolo de Kioto** o el **Acuerdo de París** (United Nations, 2015) han buscado establecer compromisos comunes, sus limitaciones en términos de cumplimiento muestran la necesidad de enfoques más flexibles e inclusivos.

Kanger (2020) identifica seis puntos de intervención estratégica para guiar las transiciones sostenibles, entre los que se encuentran la innovación institucional y la articulación multinivel. Petrović et al. (2023), con su Sustainability Transition

Framework, refuerzan esta visión al sostener que los cambios sostenibles requieren transformaciones en los sistemas socio-técnicos, que solo son posibles si se coordinan actores diversos en distintos niveles de gobernanza.

El Foro Económico Mundial (2023) también ha insistido en la necesidad de marcos policéntricos, destacando que los riesgos globales —desde la crisis climática hasta la ciberseguridad— deben gestionarse a través de coaliciones público-privadas y plataformas multilaterales. En este sentido, la gobernanza policéntrica no se limita a sumar actores, sino que redefine las reglas del juego al descentralizar la toma de decisiones y generar espacios de aprendizaje compartido.

No obstante, este enfoque enfrenta retos significativos. McCauley et al. (2024) advierten que la proliferación de actores puede generar dilemas de coordinación y conflictos de intereses, especialmente cuando no existen mecanismos claros de rendición de cuentas. De ahí la relevancia de instrumentos como los lineamientos de la OECD (2021) sobre conducta empresarial responsable, que buscan establecer estándares comunes y mecanismos de supervisión en contextos donde los Estados no tienen plena capacidad de regulación.

Justicia climática y equidad intergeneracional

La justicia climática constituye una de las dimensiones más críticas del debate sobre sostenibilidad hacia 2050. El concepto reconoce que los impactos del cambio climático no se distribuyen de manera uniforme: mientras que los países industrializados han generado la mayor parte de las emisiones históricas, son los países del Sur Global los que enfrentan las consecuencias más severas en términos de vulnerabilidad y capacidad de adaptación (Lenzi et al., 2023; Sachs et al., 2024).

En este sentido, la justicia climática plantea tres ejes centrales: **responsabilidades diferenciadas, equidad en la distribución de costos y beneficios, y protección de los derechos de las generaciones futuras**. McCauley et al. (2024) subrayan que sin la incorporación explícita de justicia en las políticas de sostenibilidad, las transiciones corren el riesgo de profundizar desigualdades y generar resistencias sociales.

Los informes de la ONU (2023a, 2023b) enfatizan que alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible requiere integrar la justicia climática en todos los niveles de acción. Esto incluye desde mecanismos de financiamiento climático hasta marcos de participación inclusiva que garanticen la voz de comunidades históricamente marginadas. La UNESCO (2021), por su parte, destaca que la educación es una herramienta clave para construir conciencia intergeneracional, desarrollando

competencias que permitan a las nuevas generaciones asumir un papel activo en la transición sostenible.

Finalmente, la justicia climática también implica repensar el papel de las tecnologías emergentes. Vaishnav (2023) advierte que la digitalización y las tecnologías verdes pueden convertirse en nuevas fuentes de inequidad si no se diseñan mecanismos de acceso justo. Así, la equidad tecnológica se convierte en un componente indispensable de la justicia climática en un mundo crecientemente digitalizado.

Cooperación internacional en tiempos de crisis múltiples

El periodo reciente ha evidenciado que las crisis globales —climáticas, económicas, sanitarias y geopolíticas— no ocurren de manera aislada, sino que interactúan y se retroalimentan. El **Informe sobre la brecha de emisiones del PNUMA (2022)** advierte que las trayectorias actuales de emisiones son incompatibles con los objetivos del **Acuerdo de París**, mientras que la **OECD (2023)** subraya que los escenarios de transición hacia net zero requieren no solo innovación tecnológica, sino también resiliencia económica y social.

La cooperación internacional en este contexto debe superar la lógica de transferencia de recursos y concebirse como un proyecto de **interdependencia estratégica**. Como señala el United Nations Global Compact (2021), las empresas multinacionales tienen un papel decisivo en este proceso, al articular cadenas globales de valor y alinear sus operaciones con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La UNIDO (2022) refuerza esta perspectiva al proponer políticas industriales que integren sostenibilidad y cooperación tecnológica, especialmente en países en desarrollo. Asimismo, la UNESCO (2021) plantea que la cooperación debe incluir la dimensión educativa y cultural, fortaleciendo capacidades colectivas que permitan a las sociedades enfrentar crisis de manera más resiliente.

El reto, sin embargo, radica en articular intereses nacionales, corporativos y comunitarios en un marco común de sostenibilidad. Wijsman (2022) advierte que la traducción de compromisos globales en prácticas locales genera dilemas y tensiones, lo que hace indispensable el diseño de mecanismos de gobernanza flexibles y culturalmente sensibles.

Escenarios de transformación

El horizonte hacia 2050 plantea una encrucijada decisiva para la humanidad: consolidar una transición sostenible o enfrentar los riesgos de colapso ecológico y social. Los escenarios de prospectiva desarrollados por Sachs et al. (2024) indican que alcanzar la neutralidad de carbono y garantizar justicia social requerirá no solo de políticas ambiciosas, sino también de cambios culturales profundos que reconfiguren las nociones de bienestar y progreso.

La UNESCO (2021) subraya que el futuro de la sostenibilidad dependerá de la capacidad de construir una **cultura global de resiliencia**, donde la educación y la ciencia se conviertan en pilares de transformación social. De manera complementaria, los informes de la ONU (2023a, 2023b) insisten en que la década de 2020 es un periodo crítico para acelerar las transformaciones, dado que los retrasos acumulados en los **ODS** amenazan con cerrar la ventana de oportunidad hacia mediados de siglo.

La OECD (2023) refuerza esta visión al señalar que la resiliencia económica será tan importante como la ambiental, ya que las crisis múltiples han demostrado que las vulnerabilidades sistémicas pueden desestabilizar las transiciones sostenibles. Al mismo tiempo, el Foro Económico Mundial (2023) plantea que la cooperación público-privada será un elemento decisivo para innovar en modelos de gobernanza y superar las barreras de implementación.

En este marco, la gobernanza policéntrica, la justicia climática y la cooperación internacional no deben ser vistas como objetivos separados, sino como **pilares interdependientes** de un proyecto civilizatorio. Solo a través de su integración será posible imaginar un 2050 en el que la sostenibilidad se convierta en principio rector de la vida social, económica y política.

Conclusiones

La sostenibilidad se ha consolidado en las últimas décadas como un **principio rector de las agendas internacionales**, pero su materialización sigue enfrentando retos profundos que combinan lo ambiental, lo social, lo económico y lo cultural. El recorrido por los distintos enfoques de este libro —desde la evolución conceptual del término hasta las metodologías de implementación y las perspectivas hacia 2050— permite observar que la sostenibilidad no es un destino alcanzado, sino un **proceso de transformación civilizatoria** en permanente construcción (Molina-Castillo, Sinkovics & Sinkovics, 2021; OECD, 2021a; United Nations, 2023a).

En primer lugar, los **retos normativos y jurídicos** evidencian tensiones entre compromisos vinculantes y marcos voluntarios. Mientras que instrumentos como el **Convenio de Viena** (UNEP, 1985) y el **Protocolo de Montreal** (UNEP, 1987) demostraron que la cooperación global puede ser eficaz cuando existen alternativas tecnológicas viables y sistemas de verificación sólidos (UNEP, 1987), experiencias posteriores como el **Protocolo de Kioto** mostraron las limitaciones de los compromisos obligatorios cuando los grandes emisores no participan activamente. El **Acuerdo de París** (2015), con su esquema híbrido basado en contribuciones nacionalmente determinadas, revela tanto los avances en términos de legitimidad global como las debilidades en mecanismos de cumplimiento. En este sentido, el balance general confirma que la sostenibilidad solo puede consolidarse cuando los marcos jurídicos se acompañan de incentivos, cooperación tecnológica y sistemas de transparencia efectivos (Scordato et al., 2024).

En segundo lugar, las **políticas públicas y la cooperación internacional** representan un terreno donde convergen intereses nacionales, corporativos y multilaterales. La **OECD** ha impulsado la integración de herramientas como impuestos verdes, mercados de carbono e indicadores de resiliencia en los diseños de política (OECD, 2001, 2020a, 2023b). La **UNESCO**, por su parte, ha resaltado la centralidad de la educación y la cultura en la construcción de un nuevo contrato social orientado a la sostenibilidad (UNESCO, 2021, 2022). A su vez, organismos como la UNIDO (2022) han defendido que las políticas industriales sostenibles no son cargas regulatorias, sino motores de crecimiento inclusivo y resiliente. Estos esfuerzos muestran que la cooperación internacional debe evolucionar desde la mera transferencia de recursos hacia un **pacto de corresponsabilidad**, donde la inversión en sostenibilidad se entienda como inversión en prosperidad común (United Nations, 2023b).

En tercer lugar, la **innovación en modelos de negocio sostenibles (SBMI)** aporta una dimensión clave al vincular sostenibilidad con competitividad. Investigaciones como las de Bashir, Alfalih y Pradhan (2022) y Coffay et al. (2024) demuestran que las empresas capaces de desarrollar capacidades dinámicas, reconfigurar sus estructuras y medir objetivamente sus impactos no solo cumplen con criterios éticos, sino que también logran ventajas competitivas sostenibles. La colaboración, como señalan Ciulli et al. (2022), es indispensable para escalar estas innovaciones y evitar que queden restringidas a experiencias piloto. El Pacto Global de Naciones Unidas (2021) refuerza este planteamiento al demostrar que los compromisos voluntarios, cuando se articulan en redes de alcance global, generan presiones reputacionales y culturales que promueven la internalización de la sostenibilidad en las estrategias empresariales.

Asimismo, el capítulo dedicado a **metodologías y herramientas** resalta que la sostenibilidad requiere instrumentos robustos de medición y evaluación. El enfoque de

ciclo de vida (**LCA**) se ha consolidado como una de las metodologías más potentes para identificar impactos a lo largo de las cadenas de valor (Sohn et al., 2020; Roberts, Allen & Coley, 2020; UNEP, 2021). Los desarrollos recientes en digitalización y tecnologías emergentes (Popowicz et al., 2025; Shi & Yan, 2024) permiten integrar dimensiones temporales, espaciales y dinámicas que enriquecen el análisis. Sin embargo, persisten retos metodológicos, como la incorporación de valores sociales y de justicia en las evaluaciones, que autores como Clark y Miles (2021) y Lenzi et al. (2023) señalan como indispensables para superar visiones puramente tecnocráticas de la sostenibilidad.

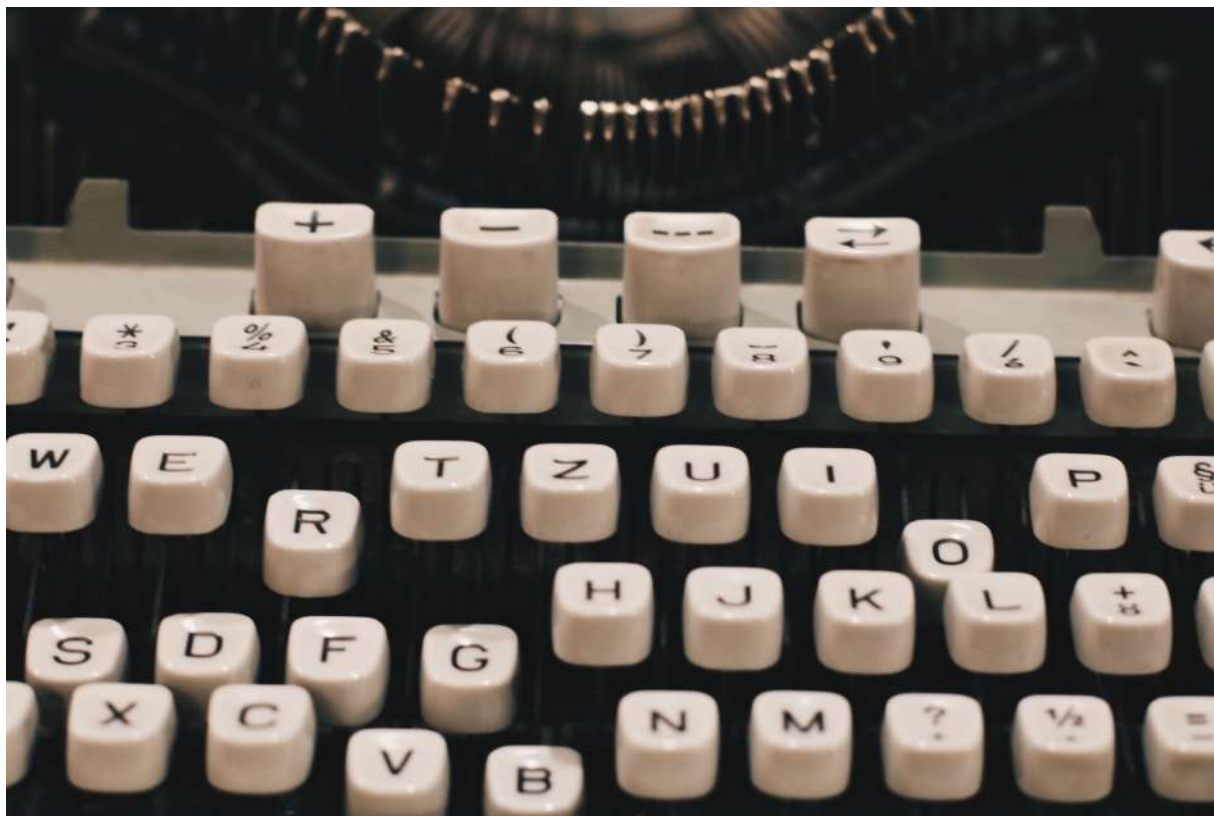
En el plano de las **perspectivas futuras**, la sostenibilidad enfrenta un horizonte complejo hacia 2050. Los informes recientes de la ONU (2023a, 2023b) y del **PNUMA** (2022) advierten que los avances actuales son insuficientes y que la ventana de oportunidad para mantener el aumento de la temperatura global dentro de los 1.5 °C se está cerrando rápidamente. En este contexto, la gobernanza policéntrica aparece como la única estrategia viable para articular a múltiples actores y niveles de acción (Petrović et al., 2023; Wijsman, 2022). Sin embargo, como señalan McCauley et al. (2024), esta gobernanza debe estar atravesada por la justicia climática y por un enfoque de equidad intergeneracional que garantice que las transiciones no profundicen desigualdades, sino que promuevan inclusión y resiliencia.

Un aspecto recurrente en los cinco capítulos y en la literatura reciente es que la sostenibilidad no puede reducirse a un **marco técnico** ni a una **agenda política parcial**. La transformación hacia sociedades sostenibles requiere un cambio cultural profundo que reconfigure los valores colectivos en torno a equidad, justicia y respeto a los límites planetarios (Kantabutra & Ketprapakorn, 2024; Molina-Castillo et al., 2021). La educación, como plantea la UNESCO (2021), cumple un papel insustituible en esta transición, ya que prepara a las nuevas generaciones para comprender la interdependencia global y para actuar como agentes de cambio en entornos crecientemente inciertos.

Finalmente, la conclusión general de este capítulo puede sintetizarse en tres mensajes clave. Primero, los **retos de la sostenibilidad** son cada vez más interdependientes y requieren marcos de gobernanza flexibles, inclusivos y policéntricos. Segundo, las **perspectivas hacia 2050** dependen de la capacidad de articular compromisos globales con transformaciones locales, integrando justicia climática, innovación tecnológica y resiliencia organizacional. Y tercero, la sostenibilidad debe ser entendida no solo como una estrategia de gestión ambiental, sino como un **proyecto civilizatorio compartido**, donde la cooperación internacional, la innovación empresarial, las metodologías robustas de evaluación y la cultura organizacional confluyan en la construcción de un futuro justo, resiliente y equitativo.

En conclusión, la sostenibilidad del siglo XXI se configura como un desafío sin precedentes, pero también como una oportunidad única para redefinir las bases del desarrollo humano. Lejos de ser una agenda técnica o sectorial, constituye una **utopía realizable** que requiere del compromiso activo de todos los actores sociales. Hacia 2050, el éxito o el fracaso de este proyecto dependerá de la voluntad política, de la innovación cultural y tecnológica, y de la capacidad colectiva para transformar la sostenibilidad en un principio rector de las sociedades globales (United Nations, 2023a; OECD, 2023b; UNESCO, 2021; Sachs et al., 2024).

REFERENCIAS



Acuerdo de París (2015). *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

Bashir, M., Alfalih, A., & Pradhan, S. (2022). Sustainable business model innovation: Scale development, validation and proof of performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(4), 100243.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2444569X22000798>

Carson, R. (1962). *Silent spring*. Houghton Mifflin.
https://www.fao.org/fileadmin/templates/library/pdf/Silent_spring.pdf

Ciulli, F., Kolk, A., Bidmon, C. M., Sprong, N., & Hekkert, M. P. (2022). Sustainable business model innovation and scaling through collaboration. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 45, 289–301.
<https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.11.003>

Clark, S. S., & Miles, M. L. (2021). Assessing the integration of environmental justice and sustainability in practice: A review of the literature. *Sustainability*, 13(20), 11238.
<https://doi.org/10.3390/su132011238>

Coffay, M., Tveterås, R., Bocken, N., & Bogers, M. L. (2024). Sustainable business model innovation, dynamic capabilities, and organizational design: Insights from Norwegian aquaculture. *Business Strategy and the Environment*, 33(6), 5386–5404. <https://doi.org/10.1002/bse.3762>

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). (1992). What is the United Nations Framework Convention on Climate Change? <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>

Deslatte, A., Chung, J., & Stokan, E. (2023). Structural drivers of sustainability and resilience strategies in small(ish) cities: A text analysis of comprehensive planning in Indiana. *Journal of Environmental Planning and Management*, 68(1), 185–206. <https://doi.org/10.1080/09640568.2023.2240951>

Kanger, L. (2020). Six policy intervention points for sustainability transitions. *Research Policy*, 49(7). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733320301505>

Kantabutra, S., & Ketprapakorn, N. (2024). A cutting-edge framework and the research agenda. *Sustainability*, 16(19), 8431. <https://doi.org/10.3390/su16198431>

Lenzi, D., Balvanera, P., Arias-Arévalo, P., Eser, U., Guibrunet, L., Martin, A., Muraca, B., & Pascual, U. (2023). Justice, sustainability, and the diverse values of nature: Why they matter for biodiversity conservation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 64, 101353. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101353>

McCauley, D., Quintavalla, A., Prifti, K., et al. (2024). Sustainability justice: A systematic review of emergent trends and themes. *Sustainability Science*, 19, 2085–2099. <https://doi.org/10.1007/s11625-024-01565-8>

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books.

Molina-Castillo, F. J., Sinkovics, N., & Sinkovics, R. R. (2021). Sustainable business model innovation: Review, analysis and impact on society. *Sustainability*, 13(16), 8906. <https://doi.org/10.3390/su13168906>

Mulya, K. S., Zhou, J., Phuang, Z. X., Laner, D., & Woon, K. S. (2022). A systematic review of life cycle assessment of solid waste management: Methodological trends and prospects. *Science of The Total Environment*, 831, 154903. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722019969>

- OECD. (2001). *Policies to enhance sustainable development*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264194779-en>
- OECD. (2020a). *Development co-operation report 2020: Learning from crises, building resilience*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f6d42aa5-en>
- OECD. (2020b). *Global outlook on financing for sustainable development 2021: A new way to invest for people and planet*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/e3c30a9a-en>
- OECD. (2021a). *Aligning development co-operation and climate action: The only way forward*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5099ad91-en>
- OECD. (2021b). *Measuring distance to the SDG targets 2021: An assessment of where OECD countries stand*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/276d9438-en>
- OECD. (2021c). *OECD guidelines for multinational enterprises on responsible business conduct*. OECD Publishing. <https://mneguidelines.oecd.org/>
- OECD. (2022a). *Green transformation of the transport sector: Tools for policy makers*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1e8b30a0-en>
- OECD. (2022b). *Sustainable business and responsible investment at OECD*. OECD Centre for Responsible Business Conduct. <https://www.oecd.org/investment/responsibleinvestment/>
- OECD. (2023a). *Development Co-operation Report 2023: Debating the aid system*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f6edc3c2-en>
- OECD. (2023b). *Net zero+: Climate and economic resilience in a changing world*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/4e4d499f-en>
- OECD. (2024). *Global corporate sustainability report 2024*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/global-corporate-sustainability-report-2024_8416b635-en.html
- OECD & UNDP. (2025). *Climate action and global growth* [Nota de prensa]. Reuters. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/ambitious-climate-action-could-boost-global-2040-gdp-by-02-says-oecd-study-2025-03-25>
- ONU-PNUMA. (1985). *Convenio de Viena*. Eur-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/vienna-convention-for-the-protection-of-the-ozone-layer>
- Petrović, E. K., et al. (2023). Sustainability transition framework: An integrated.... *Sustainability*, 16(1), 217. <https://doi.org/10.3390/su16010217>

Popowicz, M., Katzer, N. J., Kettele, M., et al. (2025). Digital technologies for life cycle assessment: A review and integrated combination framework. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 30, 405–428. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02409-4>

Protocolo de Kioto (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. United Nations. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

Roberts, M., Allen, S., & Coley, D. (2020). Life cycle assessment in the building design process. *Building and Environment*, 185, 107274. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107274>

Sachs, J. D., et al. (2024). *Sustainable development report 2024*. Sustainable Development Solutions Network. <https://sdgtransformationcenter.org/reports/sustainable-development-report-2024>

Scordato, L., et al. (2024). Resilience perspectives in sustainability transitions research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 52, 100887. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2024.100887>

Shi, S., & Yan, X. (2024). A critical review on spatially explicit life cycle assessment methodologies and applications. *Sustainable Production and Consumption*, 52, 566–579. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.11.015>

Sohn, J., Kalbar, P., Goldstein, B., & Birkved, M. (2020). Defining temporally dynamic life cycle assessment: A review. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 16(3), 314–323. <https://doi.org/10.1002/ieam.4235>

Sousa, J. (2024). A policy and evaluation framework for sustainable transitions – An energy policy approach. *Advances in Environmental and Engineering Research*, 5(1), 003. <https://www.lidsen.com/journals/aeer/aeer-05-01-003>

Tomai, M., Ramani, S. V., & Papachristos, G. (2024). How can we design policy better? Frameworks and approaches to sustainability transitions. *Sustainability*, 16(2), 690. <https://doi.org/10.3390/su16020690>

UNEP (1985). *The Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer*. <https://ozone.unep.org/treaties/vienna-convention?q=es/treaties/convenio-de-viena>

UNEP (1987). *Protocolo de Montreal*. <https://ozone.unep.org/es/taxonomy/term/516>

UNEP (2021). *Emissions gap report 2021: The heat is on*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>

UNEP (2022). *Emissions gap report 2022: The closing window*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022>

UNESCO. (2005). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014): International implementation scheme*. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141629>

UNESCO. (2021a). *Corporate sustainability and education: Building organizational learning for the SDGs*. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379170>

UNESCO. (2021b). *UNESCO science report: The race against time for smarter development*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250>

UNESCO. (2022). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>

UNESCO. (2025). *United Nations World Water Development Report 2025: Mountains and glaciers*. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/united-nations-world-water-development-report-2025-mountains-and-glaciers-water-towers>

UNESCO. (n.d.). *Education for sustainable development (ESD) for 2030 — UNESCO's ESD for 2030 programme*. UNESCO.
<https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education>

United Nations. (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, 5–16 June 1972*.
<https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>

United Nations. (1992). *Agenda 21*. United Nations Conference on Environment and Development.
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>

United Nations. (2000). *United Nations Millennium Declaration*.
<https://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.pdf>

United Nations. (2012). *The future we want*. Outcome document of the United Nations Conference on Sustainable Development (Rio+20).
<https://sustainabledevelopment.un.org/futurewewant.html>

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

United Nations. (2023a). *The sustainable development goals report 2023: Special edition. Towards a rescue plan for people and planet*. United Nations Publications.
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>

United Nations. (2023b). *Global sustainable development report 2023: Times of crisis, times of change – Science for accelerating transformations to sustainable development*. United Nations Publications. <https://doi.org/10.18356/9789213585115>

United Nations. (2023c). *Global sustainable development report 2023: Times of crisis, times of change – Science for accelerating transformations to sustainable development*. United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789213585115>

United Nations. (2025). *The sustainable development goals report 2025*. United Nations Publications. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2025.pdf>

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2023). *The sustainable development goals report 2023: Special edition. Towards a rescue plan for people and planet*. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2025). *The sustainable development goals report 2025*. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2025.pdf>

United Nations Global Compact. (2021). *Uniting business in the decade of action*. United Nations. <https://www.unglobalcompact.org/library/5869>

United Nations Industrial Development Organization. (2022). *Guidelines for eco-industrial parks*. UNIDO. <https://www.unido.org/resources/publications/score-guidelines-eco-industrial-parks>

United Nations Industrial Development Organization. (2022). *Industrial policies for sustainable development: Guidelines for policymakers*. UNIDO. <https://www.unido.org/resources-publications-flagship-publications-industrial-policies-sustainable-development>

Vaishnav, P. (2023). Implications of green technologies for environmental justice. *Annual Review of Environment and Resources*, 48. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120920-101002>

Weber, M. M. (2023). The relationship between resilience and sustainability in the organizational context—A systematic review. *Sustainability*, 15, 15970. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/22/15970>

Wijsman, K. (2022). What do we mean by justice in sustainability pathways? Commitments, dilemmas, and translations from theory to practice in nature-based solutions. *Environmental Science & Policy*, 136, 377–386. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.018>

REFERENCIAS

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

World Economic Forum. (2019). *The global risks report 2019*. <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019>

World Economic Forum. (2023). *The global risks report 2023*. <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023>

World Economic Forum. (2025). *Safeguarding the planet – Davos 2025*. <https://www.weforum.org/stories/2025/01/safeguarding-the-planet-theme-davos-2025-climate-nature-energy>

Zabaniotou, A. (2020). A systemic approach to resilience and ecological sustainability during the COVID-19 pandemic: Human, societal, and ecological health as a system-wide emergent property in the Anthropocene. *Global Transitions*, 2, 116–126. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32835203/>

Zavala-Alcívar, A., Verdecho, M.-J., & Alfaro-Saiz, J.-J. (2020). A conceptual framework to manage resilience and increase sustainability in the supply chain. *Sustainability*, 12(16), 6300. <https://doi.org/10.3390/su12166300>

