



## **Cambio Climático y Desarrollo Sostenible:**

**Adaptación,  
Mitigación y  
Resiliencia Territorial**

- Carvajal-Benavides, José Gabriel
- Palacios-López, Luisa Anabel
- Paredes-Morán, Juan Gabriel
- Loaiza-Vélez, Hugo Francisco
- Salazar-Cobeña, Gladys Varinia
- Capia-López, Jimmy Alex Ryu
- Gómez-Matos, Homero Josué
- Rätegui-Noriega, Eddir Erick
- Chang-Gómez, Mario Andrew
- Márquez-López, Mayra Carolina



**OM**  
EDITORIAL

# **Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Adaptación, Mitigación y Resiliencia Territorial.**

## **Autor/es:**

**Carvajal Benavides José Gabriel**

*Universidad Técnica del Norte*

**Palacios López Luisa Anabel**

*Universidad Estatal del Sur de Manabí*

**Paredes Morán Juan Gabriel**

*Universidad Técnica Machala "UTMACH"*

**Hugo F. Loaiza Vélez**

*Facultad de Medicina Veterinaria y Agronomía, Universidad UTE, Quito,  
Ecuador*

**Salazar Cobeña Gladys Varinia**

*Universidad Técnica de Manabí, Facultad Ciencias Administrativas y  
Económicas, Carrera de Contabilidad y Auditoría*

**Capia López Jimmy Alex Ryu**

*Universidad Católica de Santa María*

**Gómez Matos Homero Josué**

*Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – Perú*

**Reategui Noriega Eddir Erick**

*Universidad Nacional De La Amazonía Peruana*

**Chang Gómez Mario Andrew**

*Universidad Nacional De La Amazonía Peruana*

**Marquez López Mayra Carolina**

*Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*



#### Datos de Catalogación Bibliográfica

Carvajal-Benavides, J. G.  
Palácios-López, L. A.  
Paredes-Morán, J. G.  
Loaiza-Vélez, H. F.  
Salazar-Cobeña, G. V.  
Capia-López, J. A. R.  
Gómez-Matos, H. J.  
Reategui-Noriega, E. E.  
Chang-Gómez, M. A.  
Márquez-López, M. C.

#### Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Adaptación, Mitigación y Resiliencia Territorial.

Oriente-Manabí Editorial, Ecuador, 2026

ISBN: 978-9942-7463-8-2

Formato: 210 mm X 270 mm

99 págs.



#### Publicado por Oriente-Manabí Editorial

Ecuador, Manabí, Cod. Post. 130101.

Contacto: +593 959 723 343

Email: [info@omeditorial.com](mailto:info@omeditorial.com)

[www.books.omeditorial.com](http://www.books.omeditorial.com)

Director General:	<i>Dr. Guerrero Bermúdez Ángel Enrique</i>
Editor en Jefe:	<i>Dr. Guerrero Bermúdez Ángel Enrique</i>
Editor Académico:	<i>Lcdo. Oltramonti Roberto, Mg</i>
Supervisor de Producción:	<i>Ing. Barragán Monroy Roberto Johan, Mg.</i>
Diseño:	<a href="#">OM Editorial</a>
Consejo Editorial	<i>OM Editorial</i>

© Abril, 2026

Libro Digital, Primera Edición, 2026

Editado, Diseñado, Diagramado y Publicado por [Comité OM Editorial](#)

Manabí, Ecuador, 2026

D.R. © 2026 por Autores y OM Editorial Ecuador.

Cámara Ecuatoriana del Libro con Radicación editorial 182865

Disponible para su descarga gratuita en [www.books.omeditorial.com](http://www.books.omeditorial.com)

*Los contenidos de este libro pueden ser descargados, reproducidos, difundidos e impresos con fines de estudio, investigación y docencia o para su utilización en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca adecuadamente a los autores como fuente y titulares de los derechos de propiedad intelectual, sin que ello implique en modo alguno que aprueban las opiniones, productos o servicios resultantes. En el caso de contenidos que indiquen expresamente que proceden de terceros, deberán dirigirse a la fuente original indicada para gestionar los permisos.*

## Título del libro:

Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Adaptación, Mitigación y Resiliencia Territorial

© Carvajal-Benavides, José Gabriel; Palacios-López, Luisa Anabel; Paredes-Morán, Juan Gabriel; Loaiza-Vélez, Hugo Francisco; Salazar-Cobeña, Gladys Varinia; Capia-López, Jimmy Alex Ryu; Gómez-Matos, Homero Josué; Reategui-Noriega, Eddir Erick; Chang-Gómez, Mario Andrew; Marquez-López, Mayra Carolina.

**ISBN: 978-9942-7463-8-2**







<https://doi.org/10.63618/omeditorial/113>

## Como citar (APA 7ma Edición):

Carvajal-Benavides, J. G., Palacios-López, L. A., Paredes-Morán, J. G., Loaiza-Vélez, H. F., Salazar-Cobeña, G. V., Capia-López, J. A. R., Gómez-Matos, H. J., Reategui-Noriega, E. E., Chang-Gómez, M. A., & Marquez-López, M. C. (2026). *Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Adaptación, Mitigación y Resiliencia Territorial*. Oriente-Manabí Editorial. <https://doi.org/10.63618/omeditorial/113>

Cada uno de los textos de OM Editorial han sido sometido a un proceso de evaluación por pares doble ciego externos (double-blind paper review) con base en la normativa del editorial.

## Revisores:

 Ing. Oscar Prieto Benavides, PhD.	Universidad Técnica Estatal de Quevedo– Ecuador	
 Ing. Evelyn García León, Mag.	Universidad Guayaquil –Ecuador	

## Aviso Legal:

La información presentada, así como el contenido, fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias de este manuscrito es de exclusiva responsabilidad del/los autor/es y no necesariamente reflejan el pensamiento de la OM Editorial.

## Derechos de autor ©

Este documento se publica bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).



El "copyright" y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edición son propiedad de la OM Editorial y sus Autores. Se prohíbe rigurosamente, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total y/o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma de ninguna forma o por cualquier medio, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright, salvo cuando se realice con fines académicos o científicos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso a la editorial. Las opiniones expresadas en los capítulos son responsabilidad de los autores.

## Reseña de Autores



**Carvajal-Benavides, José Gabriel**



Universidad Técnica del Norte



[igcarvajalb@utn.edu.ec](mailto:igcarvajalb@utn.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-9920-4991>



Nació en Ibarra-Ecuador, Ingeniero Forestal, Magíster en Pedagogía de Formación Técnica y Profesional y, Magíster en Educación y Desarrollo Social. Docente investigador de tiempo completo en la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Su trayectoria combina la ciencia forestal con la educación superior, integrando experiencia en manejo diversificado de los PFNM y de los recursos forestales maderables de manera sostenible en los territorios de comunidades, pueblos y nacionalidades, combinado acertadamente con la innovación pedagógica. Ha dirigido tesis de grado y postgrado, participado en múltiples proyectos de investigación, publicación de libros y artículos indexados. Resalta la investigación aplicada y la formación de nuevas generaciones de profesionales y fomenta además el desarrollo regenerativo. El enfoque académico y científico refleja una visión integral que contribuye a fortalecer la educación y cultura forestal desde la ciencia, la bioética y la sostenibilidad como pilares de un futuro regenerativo.



**Palacios-López, Luisa Anabel**



Universidad Estatal del Sur de Manabí



[luisa.palacios@unesum.edu.ec](mailto:luisa.palacios@unesum.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-9257-7557>



Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, con título de Ingeniera en medio ambiente y formación de cuarto nivel orientada al análisis de riesgos y al desarrollo sostenible. Su trayectoria académica y profesional se centra en la gestión ambiental, la evaluación de riesgos y la prevención de desastres, abordando la relación entre ambiente, territorio y sociedad. Ha participado en diversos proyectos de investigación, así como en congresos internacionales, y es autora y coautora de publicaciones científicas en revistas indexadas. Su labor académica integra docencia, investigación y vinculación con la sociedad, promoviendo la sostenibilidad ambiental y el fortalecimiento de capacidades para la gestión del riesgo y el desarrollo territorial en comunidades.



**Paredes-Morán, Juan Gabriel**



Universidad Técnica Machala “UTMACH”



[jparedes1@utmachala.edu.ec](mailto:jparedes1@utmachala.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0007-7074-360X>



De Arenillas, El Oro – Ecuador es un Profesional, Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales, con una maestría en Gestión Ambiental con mención en Desarrollo Sostenible. Actualmente se desempeña como Profesor Ocasional a Tiempo Completo en la Universidad Técnica de Machala “UTMACH” en la Carrera de Ingeniería Ambiental, donde imparte asignaturas vinculadas a la carrera. Cuenta con experiencia como técnico ambiental y

consultor en proyectos de planificación territorial, gestión ambiental y sostenibilidad, participando en la actualización de planes de desarrollo y ordenamiento territorial a nivel local. Ha asesorado y tutorizado múltiples trabajos de titulación enfocados en gestión del agua, residuos sólidos, impactos ambientales y tecnologías limpias. Su labor académica se complementa con el desarrollo con producción de material científico y elaboración de capítulos de libro, orientados a fortalecer la formación técnica, la investigación aplicada y la responsabilidad ambiental en el contexto ecuatoriano, además estudiando su segunda maestría en investigación.



### **Loaiza-Vélez, Hugo Francisco**



Facultad de Medicina Veterinaria y  
Agronomía, Universidad UTE, Quito,  
Ecuador



[hugo.loaiza@ute.edu.ec](mailto:hugo.loaiza@ute.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-8594-0680>



Médico Veterinario mexicano certificado en fauna silvestre y especializado en medicina de reptiles, anfibios y animales no convencionales. Cuenta con una Maestría en Ciencias Veterinarias, un diplomado en Epidemiología y es candidato a Doctor en Ciencias por la UABC (México). Con más de dos décadas de experiencia, ha sido docente universitario, investigador y conferencista internacional, asesor técnico de zoológicos, y centros de conservación en distintos países. Colabora en diversos proyectos multidisciplinarios de investigación a nivel nacional e internacional. Su trabajo se enfoca en la medicina de la conservación, el bienestar animal en fauna silvestre y las enfermedades zoonóticas, promoviendo el enfoque Una Salud para proteger la biodiversidad y la salud pública. Actualmente es Docente-Investigador en la Universidad UTE, veterinario del bioterio e investigador en el CISEAL (PUCE). Además, es veterinario responsable de la colección del Vivarium de Quito e investigador de la Fundación Herpetológica Gustavo Orcés.



## Salazar-Cobeña, Gladys Varinia



Universidad Técnica de Manabí, Facultad  
Ciencias Administrativas y Económicas,  
Carrera de Contabilidad y Auditoría



[varinia.salazar@utm.edu.ec](mailto:varinia.salazar@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-7889-9111>



Economista, Maestría en Contabilidad y Auditoría, Doctorado en Ciencias Contables y Empresariales, Diplomado en Metodología de la Investigación y Comunicación Científica y Académica; y, Diplomado Internacional en Redacción y Publicación de Artículos Científicos. Con amplia experiencia profesional y docente en entidades públicas y privadas. En pregrado imparte asignaturas como Auditoría Ambiental, Auditoría Financiera, Control Interno, Contabilidad Básica, Seminario de Titulación, Investigación en Ciencias Contables e Introducción a la Investigación Científica; y en posgrado Metodología de la Investigación Científica; y, Auditoría de Gestión, Ambiental y Calidad. Directora del Grupo de Investigación Gestión Contabilidad, Finanzas, Tributación y Auditoría (GCFTA), y miembro de la Red Ecuatoriana de Investigación en Resiliencia (REIR), ha participado en programas y proyectos de investigación, publicado capítulos de libros y artículos científicos de alto impacto. Actualmente se desempeña como docente titular en la Carrera de Contabilidad y Auditoría en la Universidad Técnica de Manabí.



### **Capia-López, Jimmy Alex Ryu**



Universidad Católica de Santa María



[jimmy.capia@ucsm.edu.pe](mailto:jimmy.capia@ucsm.edu.pe)



<https://orcid.org/0000-0002-2420-8784>



Ingeniero Biotecnólogo con Maestría en Gerencia, Auditoria y Gestión Ambiental y Maestría en Biología de la Salud; experiencia en Investigación y Desarrollo Tecnológico, Formulación de Proyectos de Innovación e Investigación Básica y Aplicada en las de áreas de Biotecnología Ambiental, Biología Molecular, Ingeniería y Gestión Ambiental y Salud Pública. Además de una amplia experiencia en cargos gerenciales y directivos en el sector público y privado en áreas afines. Los últimos trabajos de investigación realizados se desarrollan en el campo de Biotecnología ambiental, tratamiento y valorización de aguas residuales y residuos sólidos urbanos e industriales, tecnologías de ecoeficiencia e identificación de microorganismos con potencial aplicación en el campo de la biorremediación, así como estudios de microorganismos extremófilos de diferentes fuentes ecosistémicos.



### **Gómez-Matos, Homero Josué**



Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – Perú



[hgomez@unamad.edu.pe](mailto:hgomez@unamad.edu.pe)



<https://orcid.org/0000-0001-8598-5782>



Magíster en Nutrición Animal (M.Sc.) por la Universidad Nacional Agraria La Molina e Ingeniero Pesquero, especialista en piscicultura semi-intensiva y manejo productivo de peces amazónicos. Experiencia en planificación, gestión y desarrollo de la acuicultura en la región Madre de Dios, contribuyendo a la implementación de políticas sectoriales en pesca, acuicultura y medio

ambiente. Cuenta con experiencia en transferencia de tecnología para sistemas productivos acuícolas y pecuarios en asociaciones y comunidades nativas, así como facilitador de programas modulares de capacitación. Ganador del Primer Puesto en el Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Pesquera de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP). Actualmente se desempeña como docente contratado a tiempo completo en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia) y como formulador de proyectos para fondos concursables orientados a emprendimientos (PNIPA y ProInnovate). Manejo de inglés y herramientas informáticas, con capacidad para el trabajo en equipo y entornos multidisciplinarios.



### **Reategui-Noriega, Eddir Erick**



Universidad Nacional de La Amazonía  
Peruana



[eddir.reategui@unapiquitos.edu.pe](mailto:eddir.reategui@unapiquitos.edu.pe)



<https://orcid.org/0009-0003-8364-1304>



Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), con Maestría en Gestión Ambiental y egresado del Doctorado en Ambiente y Desarrollo Sostenible por la misma institución. Su trayectoria académica refleja una sólida orientación hacia la comprensión y atención de las problemáticas ambientales contemporáneas, integrando conocimientos técnicos de la ingeniería con enfoques de gestión y planificación territorial. Su especialización en gestión ambiental y desarrollo sostenible le ha permitido abordar de manera crítica las interacciones entre las actividades humanas, los ecosistemas y el clima, con especial énfasis en estrategias de adaptación y mitigación aplicables a contextos vulnerables.



### **Chang-Gómez, Mario Andrew**



Universidad Nacional De La Amazonía  
Peruana



[mario.chang@unapiquitos.edu.pe](mailto:mario.chang@unapiquitos.edu.pe)



<https://orcid.org/0009-0003-4287-5868>



Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), con Maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales, mención en Industria del Petróleo y Medio Ambiente, y candidato a Doctor en Ciencias Ambientales por la misma institución. Se desempeña como docente en la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, donde desarrolla actividades de enseñanza e investigación en áreas vinculadas a la química ambiental, la sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos naturales. Su formación ambiental y su cercanía con la realidad ecológica y socioeconómica de la Amazonía peruana le han permitido profundizar en las dinámicas del cambio climático y sus efectos sobre territorios vulnerables, consolidando una visión integral orientada a la adaptación, la mitigación y la resiliencia territorial.



### **Marquez-López, Mayra Carolina**



Universidad Nacional de la Amazonía  
Peruana



[mayra.marquez@unapiquitos.edu.pe](mailto:mayra.marquez@unapiquitos.edu.pe)



<https://orcid.org/0000-0003-3922-053X>



Ingeniera zootecnista de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), colegiada y habilitada. Egresada de la carrera de Educación, con Maestría en Gestión Pública y Maestría en Educación. A lo largo de su trayectoria, ha consolidado una amplia experiencia en el sector público y privado. Actualmente, desempeña como docente en la Facultad de Zootecnia en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) en la sede Yurimaguas.

## Índice

Reseña de Autores.....	vi
Índice .....	xiii
Índice de Tablas .....	xvi
Índice de Figuras.....	xvii
Introducción .....	xviii
Capítulo I: Bases conceptuales, científicas y territoriales del cambio climático y el desarrollo sostenible.....	1
1.1.    Fundamentos científicos del cambio climático .....	2
1.1.1.    Forzantes climáticos, GEI y evidencia física.....	4
1.1.2.    Cambio climático y desarrollo sostenible .....	5
1.2.    Territorio, sistemas socioecológicos y desarrollo resiliente al clima.....	6
1.2.1.    Vulnerabilidad, exposición y capacidad adaptativa .....	8
1.2.2.    Escala de análisis: global, nacional, regional y local .....	9
1.3.    Ética de la sostenibilidad, educación climática y cultura territorial.....	11
Capítulo II: Vulnerabilidad, impactos y riesgos climáticos en sistemas socioecológicos .....	14
2.1.    Impactos en agua, suelos, bosques y servicios ecosistémicos .....	15
2.1.1.    Bosques y resiliencia ecológica .....	17
2.1.2.    Servicios ecosistémicos y sostenibilidad territorial .....	18
2.2.    Biodiversidad, fauna y enfoque Una Salud .....	19
2.2.1.    Cambio climático y conservación de fauna.....	22
2.2.2.    Riesgos ecosistémicos y salud pública.....	22
2.3.    Sistemas productivos amazónicos, rurales y costeros .....	23
2.3.1.    Acuicultura y pesca frente a la variabilidad climática.....	26
2.3.2.    Producción agropecuaria, zootecnia y seguridad alimentaria .....	27
Capítulo III: Mitigación del cambio climático y transición productiva sostenible	29

3.1.	Mitigación, descarbonización y transición sectorial.....	30
3.1.1.	Mitigación en energía, transporte e industria .....	32
3.1.2.	Mitigación y co-beneficios territoriales .....	34
3.2.	Economía circular, residuos, aguas residuales y biorremediación .....	35
3.2.1.	Biorremediación y tecnologías biológicas .....	37
3.2.2.	Residuos urbanos e industriales con enfoque de ecoeficiencia ..	38
3.3.	Medición, indicadores y evaluación de desempeño climático.....	40
3.3.1.	Indicadores de mitigación y sostenibilidad .....	43
3.3.2.	Auditoría ambiental y rendición de cuentas .....	44
Capítulo IV: Adaptación y resiliencia territorial .....		46
4.1.	Adaptación climática y gestión local del riesgo .....	47
4.1.1.	Adaptación basada en planificación.....	49
4.1.2.	Gestión del riesgo y resiliencia comunitaria.....	50
4.2.	Soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas.....	52
4.2.1.	Restauración ecológica y paisaje resiliente .....	54
4.2.2.	Biodiversidad y conectividad ecológica.....	55
4.3.	Resiliencia de los sistemas alimentarios y medios de vida.....	56
4.3.1.	Sistemas productivos amazónicos y acuícolas.....	60
4.3.2.	Gestión pública local y soporte institucional .....	61
Capítulo V: Gobernanza, financiamiento, evaluación y capacidades para la acción climática .....		64
5.1.	Gobernanza climática multinivel y territorialización de políticas .....	65
5.1.1.	NDC, adaptación y planificación nacional .....	67
5.1.2.	Participación, capacidades y gobernanza local .....	68
5.2.	Financiamiento climático, auditoría y evaluación de sostenibilidad ....	69
5.2.1.	Costo de inacción y criterio de priorización.....	72
5.2.2.	Auditoría, control y trazabilidad de acciones climáticas.....	73

5.3.	Educación, innovación y agenda territorial de implementación .....	75
5.3.1.	Capacidades humanas para la resiliencia territorial .....	77
5.3.2.	Agenda 2030–2050 de investigación e implementación.....	78
	Referencias Bibliográficas.....	81

## Índice de Tablas

Tabla 1. Servicios ecosistémicos y aporte a la sostenibilidad territorial.....	19
Tabla 2. Sistemas productivos amazónicos, rurales y costeros frente al riesgo climático.....	26
Tabla 3. Residuos urbanos e industriales con enfoque de ecoeficiencia.....	40
Tabla 4. Indicadores mínimos para seguimiento y evaluación de desempeño climático.....	43
Tabla 5. Medio de vida      Amenaza climática      Afectación principal      Respuesta adaptativa      Actor responsable.....	60
Tabla 6. Instrumentos para financiamiento climático, seguimiento y evaluación de sostenibilidad.....	72

## Índice de Figuras

Figura 1. Cadena causal del cambio climático .....	3
Figura 2. Sistema del Cambio Climático Interconectado .....	6
Figura 3. Análisis de riesgos climáticos y resiliencia .....	10
Figura 4. Análisis de riesgos climáticos y resiliencia .....	12
Figura 5. El Ciclo de la Cuenca.....	16
Figura 6. Conexión entre clima, biodiversidad y salud .....	21
Figura 7. Ruta de Mitigación y Descarbonización .....	32
Figura 8. Flujo circular de gestión de residuos .....	37
Figura 9. Secuencia de adaptación climática y riesgo.....	49
Figura 10. Soluciones Basadas en la Naturaleza .....	54
Figura 11. Gobernanza climática multiescalar y participación.....	66
Figura 12. Hoja de ruta para implementación climática.....	77

## Introducción


El cambio climático ha dejado de ser una advertencia proyectada hacia el futuro para convertirse en una condición estructural del presente. Sus efectos ya no se manifiestan únicamente en el aumento de la temperatura media global o en la mayor frecuencia de eventos extremos, sino en la alteración progresiva de los sistemas que sostienen la vida territorial: el agua, los suelos, los ecosistemas, la salud pública, la producción, la infraestructura y la seguridad alimentaria. En ese escenario, el desarrollo sostenible no puede seguir entendiéndose como una aspiración paralela a la agenda climática, porque hoy ambas dimensiones forman parte de un mismo desafío histórico. Pensar el clima sin el territorio reduce el problema a una abstracción técnica; pensar el desarrollo sin el clima conduce, en cambio, a modelos cada vez más frágiles, costosos e insuficientes para responder a una realidad marcada por incertidumbre, desigualdad y creciente presión ecológica.

Este libro surge, precisamente, de la necesidad de ofrecer una lectura articulada entre ciencia, territorio y acción pública. No se limita a describir el fenómeno climático ni a reiterar su gravedad, sino que propone comprenderlo desde una lógica más amplia: como un proceso que reorganiza riesgos, redefine prioridades de planificación y obliga a revisar la manera en que las sociedades habitan, producen, conservan y deciden sobre sus espacios. Desde esa perspectiva, la obra inicia con un examen de los fundamentos científicos del cambio climático, su relación con el desarrollo sostenible y la importancia de entender el territorio como un sistema socioecológico donde convergen exposición, vulnerabilidad y capacidad adaptativa. Sobre esa base, se profundiza luego en los impactos sobre agua, suelos, bosques, biodiversidad, salud, sistemas productivos amazónicos, rurales y costeros, mostrando que la crisis climática no se distribuye de manera homogénea, sino que adquiere rostros concretos según las condiciones ecológicas, sociales e institucionales de cada territorio.

A partir de ese diagnóstico, el libro avanza hacia los campos donde la respuesta deja de ser enunciativa y comienza a convertirse en estrategia. La mitigación se aborda desde la transición productiva sostenible, la descarbonización sectorial, la economía circular, la gestión de residuos, la biorremediación y la necesidad

de medir con seriedad el desempeño climático mediante indicadores, trazabilidad y auditoría. La adaptación, por su parte, se trabaja como una práctica territorial que exige planificación, reducción del riesgo, fortalecimiento comunitario, restauración ecológica, soluciones basadas en la naturaleza y resiliencia de los sistemas alimentarios y de los medios de vida. Finalmente, la gobernanza climática, el financiamiento, la evaluación, la educación y la innovación son presentados como dimensiones indispensables para que la acción climática no quede atrapada entre diagnósticos correctos e implementaciones débiles. En ese recorrido, la obra asume una convicción central: la respuesta al cambio climático no puede descansar en una sola disciplina, en un solo nivel de gobierno ni en una única forma de conocimiento.

En consecuencia, Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Adaptación, Mitigación y Resiliencia Territorial propone una mirada integradora, rigurosa y profundamente situada. Su aporte no radica solo en reunir enfoques científicos, ambientales, productivos, educativos, financieros y de gestión, sino en ponerlos en diálogo bajo una misma preocupación: cómo construir territorios más capaces de anticipar, adaptarse, transformar sus prácticas y sostener condiciones de vida dignas en medio de una transición climática que ya está en marcha. Este libro no ofrece soluciones simplificadas ni respuestas cerradas; ofrece, más bien, un marco de reflexión y de acción para comprender que la sostenibilidad real exige decisiones mejor informadas, instituciones más coordinadas, comunidades más preparadas y una relación más responsable con los sistemas naturales que hacen posible el presente y el futuro.



**Capítulo I: Bases conceptuales, científicas y territoriales del cambio climático y el desarrollo sostenible**

## **Bases conceptuales, científicas y territoriales del cambio climático y el desarrollo sostenible**

### **1.1. Fundamentos científicos del cambio climático**

El cambio climático contemporáneo se explica, en primer término, por la intensificación del efecto invernadero causada por actividades humanas, en especial la quema de combustibles fósiles, la deforestación, ciertos procesos industriales, el transporte y formas de producción agropecuaria de alta emisión. Estas actividades incrementan la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero, alteran el balance energético del planeta y elevan la temperatura media global. El IPCC estableció que la temperatura superficial global en el período 2011–2020 fue 1,09 °C superior a la registrada entre 1850–1900, un dato que resume con claridad la magnitud del cambio observado y confirma su origen predominantemente antrópico (IPCC, 2021b, 2023).

Desde el punto de vista físico, el efecto invernadero es un proceso natural indispensable para la vida, pero su intensificación por acción humana ha modificado la composición atmosférica a una velocidad sin precedentes en la historia reciente. El dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y otros gases retienen una mayor fracción de radiación infrarroja, lo que genera un forzamiento radiactivo positivo y perturba la regulación térmica del sistema terrestre. Por esta razón, el cambio climático no puede entenderse como una simple oscilación ambiental, sino como una alteración sistémica vinculada a patrones de producción, consumo y uso del suelo consolidados durante décadas (IPCC, 2021c, 2023).

Las consecuencias de ese aumento de gases no se limitan al aire. El sistema climático responde mediante cambios simultáneos en la atmósfera, los océanos, la criosfera y la biosfera. Se observa calentamiento oceánico, pérdida de glaciares y capas de hielo, elevación del nivel del mar, modificaciones en los ciclos hidrológicos y alteraciones en la frecuencia, duración o intensidad de múltiples fenómenos meteorológicos y climáticos. En términos científicos, esto significa que el cambio climático involucra interacciones acumulativas entre

componentes físicos, biológicos y sociales, de modo que una perturbación en un subsistema termina propagándose hacia otros con efectos cada vez más visibles (IPCC, 2023).

En este marco, resulta esencial distinguir entre variabilidad climática y cambio climático. La variabilidad climática alude a fluctuaciones naturales del clima que pueden presentarse en escalas estacionales, interanuales o decenales, asociadas a procesos internos del sistema o a forzamientos naturales. El cambio climático, en contraste, implica modificaciones persistentes y estadísticamente detectables en el estado del clima durante períodos prolongados, y en la actualidad se atribuye principalmente a la influencia humana (IPCC, 2023). Esta diferencia evita confusiones frecuentes: una sequía aislada, una temporada lluviosa atípica o un año más frío que el anterior no invalidan la tendencia de fondo; lo relevante es la señal sostenida de calentamiento y desajuste sistémico observada a escala global y regional.

**Figura 1**

*Cadena causal del cambio climático*



Los eventos extremos constituyen una de las expresiones más sensibles de este proceso. Olas de calor más intensas, precipitaciones extremas, sequías agrícolas y ecológicas, incendios favorecidos por condiciones más cálidas y secas, así como otros riesgos compuestos, muestran que el cambio climático no opera como una abstracción científica distante, sino como una presión concreta sobre ecosistemas, infraestructura, salud, seguridad alimentaria y medios de

vida. Por ello, la comprensión de sus fundamentos científicos no solo cumple una función explicativa; también permite reconocer la cadena causal que conecta actividades humanas, emisiones, alteraciones atmosféricas y oceánicas, impactos biofísicos e impactos sociales, base indispensable para cualquier estrategia seria de adaptación, mitigación y resiliencia territorial.

### **1.1.1. Forzantes climáticos, GEI y evidencia física**

Los principales forzantes climáticos de origen antrópico están asociados al aumento de gases de efecto invernadero, en especial dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). En el marco del IPCC AR6, la evidencia física es concluyente: la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la superficie terrestre de forma inequívoca. Como referencia oficial, el informe señala que en 2019 las concentraciones atmosféricas alcanzaron aproximadamente 410 ppm de CO<sub>2</sub>, 1866 ppb de CH<sub>4</sub> y 332 ppb de N<sub>2</sub>O, valores superiores a los registrados durante escalas de tiempo muy extensas del pasado geológico reciente. Estos gases no actúan de manera aislada; modifican el balance radiactivo del planeta, intensifican el efecto invernadero y sostienen una señal de calentamiento que ya puede medirse con consistencia instrumental (IPCC, 2021a).

La temperatura constituye una de las evidencias más robustas de ese proceso. El IPCC reporta que la temperatura media de la superficie global en 2011–2020 fue aproximadamente 1,09 °C mayor que en 1850–1900, lo que confirma una tendencia persistente y no una fluctuación aislada. En contraste, la precipitación presenta una respuesta más heterogénea en el espacio y en el tiempo; aun así, el AR6 considera probable que la influencia humana haya contribuido al patrón observado de cambios en la precipitación desde mediados del siglo XX (IPCC, 2023). Esta combinación de calentamiento sostenido y alteraciones en el ciclo hidrológico explica por qué el análisis climático actual requiere observar el sistema en conjunto, no solo variables separadas.

La evidencia física también se expresa en los extremos. El AR6 indica que, en la mayoría de las regiones, la frecuencia e intensidad de los extremos cálidos han aumentado, mientras que los extremos fríos han disminuido; además, los eventos de precipitación intensa tienden a hacerse más frecuentes y más

severos conforme aumenta el calentamiento global. En términos científicos, esto refuerza una idea central: el cambio climático no se limita a un incremento gradual de temperatura media, sino que reorganiza patrones atmosféricos y oceánicos con efectos observables sobre sequías, lluvias extremas, inundaciones y olas de calor (IPCC, 2021d, 2024).

### **1.1.2. Cambio climático y desarrollo sostenible**

Tratar el cambio climático como un problema aislado ya no resulta metodológica ni políticamente suficiente. El IPCC sostiene que la acción climática y el desarrollo sostenible son procesos interdependientes, y que el desarrollo resiliente al clima integra adaptación y mitigación para avanzar hacia mejores condiciones de vida. Bajo esa lógica, el clima deja de ser solo una variable ambiental: pasa a incidir sobre la seguridad hídrica, la salud pública, la infraestructura crítica, la productividad y la capacidad de los territorios para sostener su propio desarrollo (IPCC, 2022j). En América Latina y el Caribe, la CEPAL ha insistido en esa misma dirección al advertir que las brechas estructurales de infraestructura, servicios básicos y desigualdad vuelven más severos los efectos climáticos sobre la población y sobre las economías locales (CEPAL, 2018).

La relación es concreta. Cuando aumentan las sequías, las lluvias intensas o las olas de calor, no solo se alteran los ecosistemas; también se tensionan los sistemas de agua, se deterioran las condiciones sanitarias, se elevan los riesgos para la infraestructura, se afecta la producción agropecuaria y se profundiza la vulnerabilidad de los hogares con menos capacidad de respuesta. Por eso, pobreza, salud, agua, producción y territorio no pueden analizarse por separado del clima, especialmente en regiones donde los eventos extremos ya generan pérdidas humanas, sociales y económicas de alta magnitud (CEPAL, 2018, 2024a). En ese sentido, el IPCC vincula los impactos climáticos con riesgos crecientes para los sistemas humanos y naturales, mientras que la CEPAL subraya que en América Latina y el Caribe dichos impactos se amplifican por debilidades históricas en el desarrollo territorial y en la provisión de servicios esenciales.

Desde una perspectiva de desarrollo sostenible, esto obliga a un cambio de enfoque: ya no basta con diseñar políticas ambientales sectoriales, sino que se requiere articular planificación territorial, protección de ecosistemas, salud, infraestructura resiliente y transformación productiva (IPCC, 2022d). El problema climático se expresa de manera distinta según el territorio, pero en todos los casos opera como un factor que reorganiza riesgos, capacidades y oportunidades de desarrollo. Por ello, incorporar el clima en la toma de decisiones no es un añadido técnico; es una condición para que la sostenibilidad tenga viabilidad social, económica y ecológica en el mediano y largo plazo.

**Figura 2.**

*Sistema del Cambio Climático Interconectado*



## 1.2. Territorio, sistemas socioecológicos y desarrollo resiliente al clima

En planificación territorial, el territorio puede asumirse como la unidad de análisis donde coinciden población, infraestructura, actividades productivas, servicios, ecosistemas y decisiones públicas. Esa lectura resulta útil porque el riesgo climático no se distribuye de manera homogénea: depende de cómo se localizan los asentamientos, de la calidad de la infraestructura, del estado de los ecosistemas y de la capacidad institucional para anticipar, regular y responder.

En esa línea, el IPCC plantea que los riesgos emergen de la interacción entre peligros climáticos, exposición y vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales, mientras que UNDRR define la exposición como la situación de personas, infraestructura, viviendas y capacidades productivas ubicadas en zonas propensas a amenazas (IPCC, 2021a; UNDRR, 2017b).

Bajo ese enfoque, el territorio no debe leerse solo como soporte físico, sino como un sistema socioecológico. Esto implica reconocer que los componentes ambientales y sociales operan de forma interdependiente: cambios en agua, suelo, cobertura vegetal o temperatura repercuten sobre salud, movilidad, producción, seguridad alimentaria y organización comunitaria; al mismo tiempo, las decisiones humanas modifican el funcionamiento ecológico del espacio. El IPCC utiliza de manera explícita la noción de sistemas sociales, ecológicos y social-ecológicos para analizar impactos, vulnerabilidades y opciones de adaptación, lo que refuerza una comprensión integrada del desarrollo territorial frente al clima (IPCC, 2022a).

Desde una perspectiva operativa, la exposición permite identificar qué personas, activos, redes o ecosistemas se encuentran en áreas amenazadas; la sensibilidad ayuda a establecer qué tan afectados pueden verse esos elementos cuando ocurre un evento o una tendencia climática; la capacidad adaptativa, por su parte, remite a la aptitud de sistemas, instituciones y comunidades para ajustarse, reducir daños, aprovechar oportunidades o responder de forma funcional (Octavio-Vivas y Rojas-Meza, 2024). En términos de gestión territorial, estas tres dimensiones ordenan el diagnóstico: no basta con saber dónde existe amenaza, también es necesario precisar quién está expuesto, qué tan sensible es el sistema local y con qué capacidades reales cuenta el territorio para adaptarse.

Esta forma de lectura mejora la calidad de la planificación. Un mismo peligro climático puede producir efectos muy distintos según el nivel de exposición de la población, la fragilidad de la infraestructura, la dependencia económica de actividades sensibles al clima o la fortaleza de la gobernanza local (Gómez y Barbosa-Pérez, 2024). Por eso, el análisis territorial del riesgo exige articular información ambiental, social, productiva e institucional, evitando diagnósticos

sectoriales aislados. La terminología de UNDRR sobre riesgo, exposición y vulnerabilidad, junto con el marco del IPCC sobre impactos, adaptación y resiliencia, ofrece una base suficientemente sólida para construir instrumentos de ordenamiento, priorización de inversiones y reducción de vulnerabilidades con criterio aplicado (UNDRR, 2017b).

En ese contexto se inserta el desarrollo resiliente al clima. El IPCC lo define como el proceso de implementar medidas de mitigación y adaptación para apoyar el desarrollo sostenible para todos, mientras que UNDRR entiende la resiliencia como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a peligros para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos. Llevado al lenguaje de planificación territorial, esto significa que el desarrollo resiliente al clima no es un componente adicional del plan, sino un criterio transversal para decidir dónde crecer, qué proteger, cómo invertir, qué infraestructura reforzar y qué capacidades institucionales y comunitarias fortalecer.

### **1.2.1. Vulnerabilidad, exposición y capacidad adaptativa**

La exposición se refiere a la presencia de personas, infraestructura, viviendas, capacidades productivas y otros activos en áreas propensas a amenazas. En términos operativos, responde a la pregunta qué o quién está localizado en una zona de peligro. Por eso, exposición no equivale a daño esperado ni a fragilidad intrínseca del sistema: describe la localización de los elementos potencialmente afectados. El IPCC incorpora la exposición como uno de los componentes que interactúan con los peligros climáticos y la vulnerabilidad en la configuración del riesgo, mientras que UNDRR la define de forma explícita como la situación de los elementos humanos ubicados en áreas expuestas a amenazas.

La vulnerabilidad, en cambio, alude a la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. Aquí el foco no está en la ubicación, sino en las condiciones que aumentan la susceptibilidad al impacto: factores físicos, sociales, económicos y ambientales, así como la sensibilidad al daño y las limitaciones para afrontar sus efectos (Navarrete-Valladares y Sandoval, 2024). Desde esta perspectiva, dos territorios con igual exposición pueden presentar vulnerabilidades distintas si difieren en calidad de vivienda, acceso a servicios,

organización social, salud pública o solidez institucional. El IPCC define la vulnerabilidad como una predisposición al daño que incluye sensibilidad y falta de capacidad para afrontar y adaptarse, y UNDRR la entiende como el conjunto de condiciones que incrementan la susceptibilidad frente a las amenazas (IPCC, 2022a; UNDRR, 2017b).

La capacidad adaptativa corresponde a la aptitud de sistemas, instituciones, personas y otros organismos para ajustarse a daños potenciales, aprovechar oportunidades o responder a las consecuencias. No debe confundirse con exposición ni con vulnerabilidad: no indica dónde está el riesgo ni cuán susceptible es un sistema, sino con qué recursos, atributos y margen de respuesta cuenta para ajustarse (Mariscal-Ureta y Martínez-Nieves, 2026). En el lenguaje de UNDRR, la capacidad comprende fortalezas y recursos disponibles para gestionar y reducir riesgos, mientras que en el IPCC la capacidad adaptativa forma parte del análisis de adaptación frente al cambio climático. La distinción es clave para la planificación territorial: la exposición orienta la localización del problema, la vulnerabilidad muestra la susceptibilidad al impacto, y la capacidad adaptativa revela el potencial real de respuesta y ajuste.

### **1.2.2. Escalas de análisis: global, nacional, regional y local**

El análisis del riesgo climático y del desarrollo resiliente cambia de manera significativa según la escala de observación. UNDRR señala, a partir del marco de Sendai, que la acción debe organizarse en los niveles local, nacional, regional y global, porque el riesgo no se produce ni se gestiona en un solo plano. En la escala global se reconocen tendencias acumuladas, interdependencias sistémicas y marcos de cooperación que orientan la reducción del riesgo; en la nacional, esas orientaciones se traducen en políticas, normas, financiamiento, sistemas de información y arreglos institucionales; en la regional, cobran relevancia la coordinación entre territorios, la gestión de riesgos compartidos y el intercambio de capacidades; mientras que en la local el riesgo se experimenta de forma directa y se vuelve operativa la implementación de medidas concretas sobre suelo, servicios, infraestructura y comunidades (Rodríguez-Rojo, 2022; UNDRR, 2015).

Esto implica que los problemas no desaparecen al cambiar de escala, pero sí modifican su forma de ser leídos y atendidos. Un mismo fenómeno puede verse, en escala global, como parte de una tendencia sistémica; en escala nacional, como un desafío de gobernanza y asignación de recursos; en escala regional, como un asunto de articulación interterritorial; y en escala local, como una presión inmediata sobre barrios, redes críticas, medios de vida o ecosistemas próximos. Desde una perspectiva de planificación, las soluciones también se reordenan: las escalas amplias ayudan a fijar marcos, prioridades y coordinación, mientras que la escala local permite ajustar instrumentos, incorporar conocimiento situado y ejecutar respuestas donde el riesgo se materializa con mayor claridad (Mendieta-Orellana et al., 2024). UNDRR subraya precisamente que la resiliencia se construye donde los riesgos son vividos de manera más directa, pero requiere respaldo institucional y coherencia entre niveles (UNDRR, 2015).

**Figura 3.**

*Análisis de riesgos climáticos y resiliencia*



Por ello, trabajar con escalas no consiste en fragmentar el problema, sino en integrarlo con orden analítico. La escala global orienta; la nacional estructura; la regional articula; la local implementa y ajusta. Esa lectura escalonada evita dos errores frecuentes: sobredimensionar soluciones generales que no aterrizan en el territorio, o limitarse a respuestas locales sin soporte normativo, técnico y financiero suficiente. En lenguaje de gestión territorial, una estrategia robusta de resiliencia climática necesita coherencia vertical entre escalas y capacidad de traducir lineamientos amplios en decisiones aplicables al contexto específico.

### **1.3. Ética de la sostenibilidad, educación climática y cultura territorial**

Hablar de sostenibilidad en el territorio exige ir más allá de la dimensión técnica. No se trata únicamente de gestionar riesgos, reducir impactos o diseñar planes de adaptación; también implica revisar la forma en que una comunidad comprende su vínculo con el entorno que habita. En ese punto aparece una dimensión ética concreta, nada abstracta: reconocer que las decisiones sobre agua, suelo, energía, producción, movilidad o consumo tienen efectos sobre la vida colectiva, sobre los ecosistemas cercanos, además de sobre las posibilidades futuras de bienestar. La sostenibilidad, entonces, comienza a adquirir sentido cuando deja de percibirse como un discurso externo y se integra a la experiencia cotidiana del territorio.

En ese proceso, la educación climática cumple una función decisiva. Su aporte no radica solo en transmitir información sobre cambio climático, sino en ayudar a interpretar cómo ese fenómeno se manifiesta en contextos específicos, qué vulnerabilidades revela, qué capacidades pueden fortalecerse y qué prácticas deben transformarse. Cuando la educación climática se conecta con el territorio, la comprensión del problema cambia de escala: el clima deja de ser una noción lejana y se vuelve una realidad relacionada con el agua disponible, la producción local, la salud, la infraestructura, la seguridad alimentaria y la calidad de vida. Esa conciencia territorial permite formar sujetos más atentos a las relaciones entre ambiente, comunidad y desarrollo.

Desde esa mirada, la corresponsabilidad adquiere un valor central. Ningún actor, por sí solo, puede sostener procesos de resiliencia o regeneración territorial. Las

instituciones públicas, los centros educativos, los sectores productivos, las organizaciones comunitarias y los hogares participan, de distintos modos, en la construcción de respuestas frente a la crisis climática. Esto no debe entenderse como una distribución retórica de culpas, sino como una base de acción compartida. La corresponsabilidad fortalece la posibilidad de coordinar esfuerzos, legitimar decisiones, incorporar saberes diversos y sostener prácticas coherentes en el tiempo, especialmente allí donde los desafíos ambientales se entrelazan con desigualdad, fragilidad institucional o presión sobre los recursos locales.

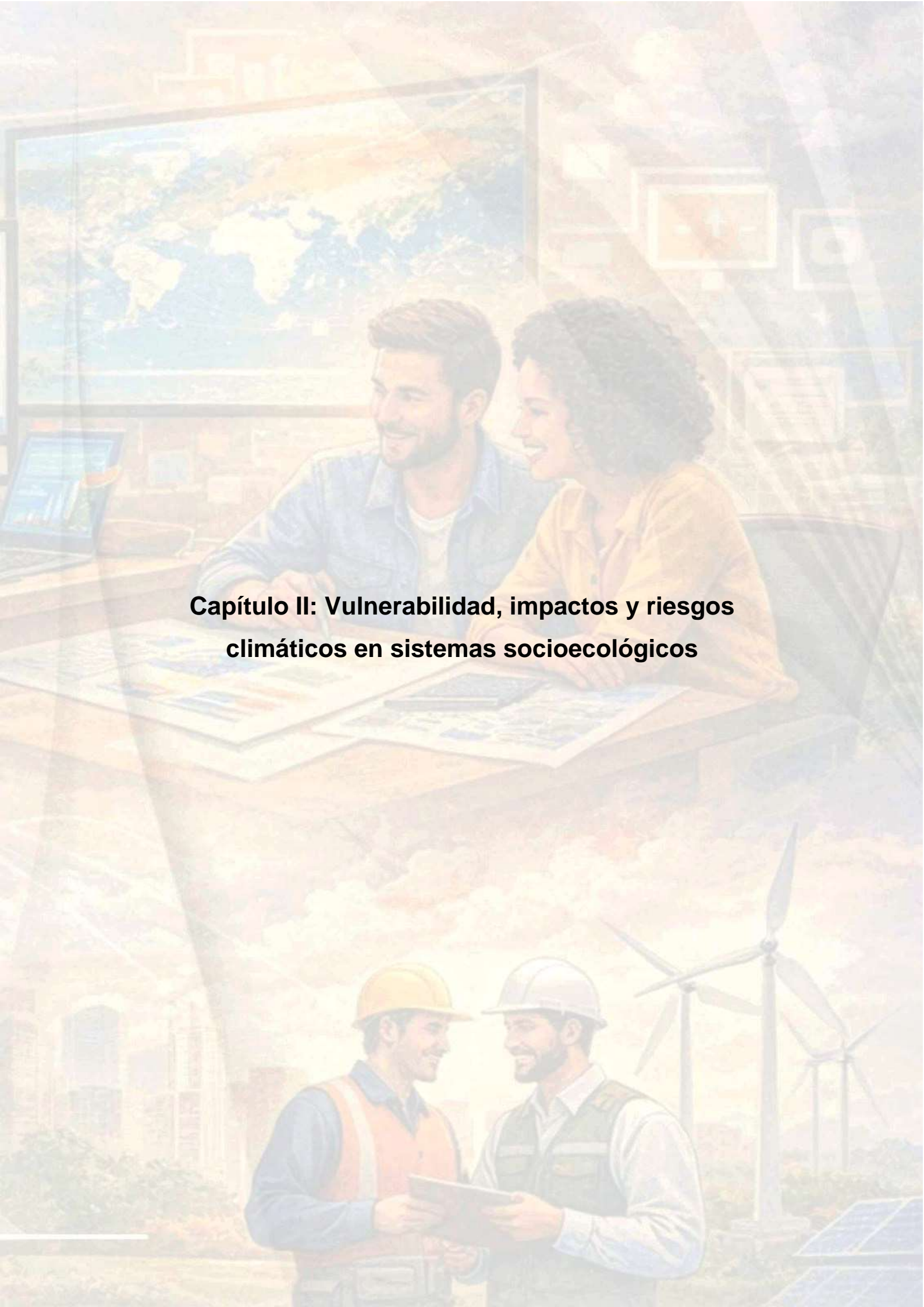
**Figura 4.**

*Análisis de riesgos climáticos y resiliencia*



En ese marco, resulta pertinente hablar de una cultura regenerativa. No basta con reducir daños si el territorio continúa perdiendo biodiversidad, capacidad hídrica, fertilidad del suelo o cohesión social. Una cultura regenerativa promueve prácticas que restauran, cuidan y mejoran las condiciones que hacen posible la vida, combinando aprendizaje, participación y responsabilidad compartida. Esto exige formación de capacidades en varios niveles: capacidades para comprender el riesgo, para deliberar sobre prioridades, para modificar hábitos, para innovar en soluciones locales, para cuidar bienes comunes y para sostener

decisiones de largo plazo. Cuando ese aprendizaje se vuelve parte de la cultura territorial, la sostenibilidad deja de ser una meta declarativa y empieza a convertirse en una forma más madura de habitar, producir y planificar el territorio.



**Capítulo II: Vulnerabilidad, impactos y riesgos climáticos en sistemas socioecológicos**

## Vulnerabilidad, impactos y riesgos climáticos en sistemas socioecológicos

### 2.1. Impactos en agua, suelos, bosques y servicios ecosistémicos

En los sistemas socioecológicos, los impactos climáticos rara vez se expresan de forma aislada. La alteración del ciclo hidrológico modifica caudales, recarga, estacionalidad y calidad del agua; al mismo tiempo, repercute sobre suelos, cobertura vegetal, productividad y seguridad territorial. El IPCC advierte que los efectos del cambio climático ya son observables en ecosistemas terrestres y de agua dulce, así como en múltiples sistemas humanos, mientras que en América Latina y el Caribe la CEPAL identifica una intensificación de sequías, incendios forestales y tormentas extremas, con consecuencias directas sobre agua, bosques y biodiversidad (CEPAL, 2024a; IPCC, 2021a).

La disponibilidad hídrica, por tanto, no debe entenderse solo como volumen total de agua, sino como la capacidad real de una cuenca para regularla en el tiempo, almacenarla en suelos y acuíferos, mantener caudales base en época seca y sostener usos domésticos, productivos y ecológicos. El IPCC señala que hasta la mitad de la población mundial experimenta escasez severa de agua durante alguna parte del año por la combinación de factores climáticos y no climáticos. En clave regional, el desafío es todavía más revelador: América Latina concentra cerca de un tercio de los recursos hídricos del planeta, pero el Banco Mundial advierte que muchas cuencas se degradan aceleradamente y que alrededor del 25% de ríos, lagos y acuíferos presentan contaminación asociada a descargas no tratadas. La vulnerabilidad, entonces, no proviene solo de “tener menos agua”, sino de perder capacidad territorial para captarla, conservarla y distribuirla con estabilidad (ECLAC, 2023; IPCC, 2022b, 2022d).

En el suelo, el impacto climático se vuelve especialmente crítico porque allí convergen erosión, pérdida de materia orgánica, compactación, salinización y menor retención de humedad. Cuando el suelo se degrada, disminuye la infiltración, aumenta la escorrentía, se acelera el transporte de sedimentos hacia quebradas y embalses, cae la productividad agroecológica y se debilita una

función esencial del paisaje: amortiguar extremos hídricos. La FAO estima que más de 1.6 mil millones de hectáreas en el mundo han sido degradadas por usos y manejos no sostenibles, y subraya que la degradación de la tierra junto con la escasez de agua eleva el riesgo para la producción agroalimentaria y para los servicios ecosistémicos que dependen de ella. Desde una lectura territorial, esto obliga a mirar laderas, áreas de recarga, franjas ribereñas y zonas de cultivo como una sola unidad funcional, no como piezas separadas (FAO, 2025b).

**Figura 5.**

*El Ciclo de la Cuenca*



Los bosques ocupan un lugar decisivo dentro de esa unidad funcional. En cabeceras de cuenca, laderas y corredores ribereños, la cobertura forestal contribuye a regular flujos, proteger suelos, moderar temperaturas locales, sostener biodiversidad y reducir daños asociados a lluvias intensas o periodos secos prolongados. No se trata únicamente de “masa boscosa”, sino de una infraestructura ecológica que protege asentamientos, sistemas productivos e incluso obras físicas aguas abajo. El IPCC documenta cambios ya observables en la estructura de los ecosistemas, desplazamientos de especies y afectaciones en los servicios que los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas prestan a las poblaciones; a su vez, la CEPAL advierte que en la región la mayor frecuencia e intensidad de sequías e incendios agrava el estrés ecosistémico sobre bosques

y paisajes frágiles (CEPAL, 2024a; IPCC, 2022d). Cuando el bosque pierde continuidad o calidad ecológica, la cuenca entera se vuelve más expuesta.

Aun así, el panorama no está cerrado. La misma evidencia internacional sugiere que la gestión integrada de cuencas, la restauración de cabeceras, la conservación de bosques protectores, el manejo sostenible del suelo y la articulación entre asentamientos, producción y agua pueden reducir riesgos y fortalecer la adaptación. Allí radica una idea clave para este capítulo: los impactos climáticos deterioran funciones protectoras del paisaje, pero una planificación territorial bien orientada también puede reconstruirlas. Esa es, quizá, la salida más sólida y más realista: volver a leer la cuenca como sistema vivo, reconocer sus límites, cuidar sus coberturas estratégicas y reordenar el uso del territorio con criterio preventivo.

### **2.1.1. Bosques y resiliencia ecológica**

Los bosques constituyen una pieza estratégica de la resiliencia ecológica porque intervienen de manera directa en la regulación hídrica del territorio. En cabeceras de cuenca, laderas y franjas ribereñas, la cobertura forestal favorece la infiltración, contribuye a estabilizar los flujos, protege la calidad del agua y reduce la exposición del paisaje frente a sequías, escorrentías intensas, erosión o deslizamientos. Esta función no depende solo de la presencia de árboles, sino de la integridad ecológica del sistema forestal y de su articulación con suelos, cuerpos de agua y usos del territorio (FAO, 2023). El IPCC reconoce que los ecosistemas terrestres y de agua dulce ya experimentan impactos atribuibles al cambio climático, con efectos sobre los servicios que prestan a las poblaciones, mientras la FAO subraya que los bosques son esenciales para regular la cantidad, calidad y temporalidad del agua dulce dentro de las cuencas (FAO, 2023; IPCC, 2022b).

A ello se suma su papel climático y social. Desde la perspectiva de mitigación, la FAO señala que los bosques absorben dióxido de carbono de la atmósfera y almacenan más de la mitad del carbono global en suelos y vegetación, de modo que su conservación y manejo sostenible fortalecen la capacidad territorial de amortiguar perturbaciones ambientales. Desde la perspectiva socioeconómica, no son solo reservas ecológicas: sostienen medios de vida, proveen alimentos,

ingresos, materiales y energía para millones de personas; de hecho, la propia FAO indica que 2.6 mil millones de personas dependen de la madera y otros combustibles forestales para cocinar o calefactores (FAO, 2023). Así, hablar de resiliencia ecológica implica reconocer que el bosque protege funciones biofísicas del paisaje, pero también sostiene la continuidad material y social de las comunidades que habitan ese territorio.

### **2.1.2. Servicios ecosistémicos y sostenibilidad territorial**

Los servicios ecosistémicos pueden entenderse como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. La clasificación más difundida distingue servicios de provisión —como agua, alimentos, fibras o madera—, de regulación —como control de inundaciones, regulación climática, purificación del agua o control de erosión—, de soporte —como formación de suelos, ciclado de nutrientes, producción primaria o mantenimiento de hábitats—, además de los servicios culturales, que en este libro conviene leer también como valor social del territorio, ya que incluyen conocimiento, educación, recreación, sentido espiritual y relaciones sociales vinculadas al paisaje. Esta mirada es especialmente útil en sistemas socioecológicos porque conecta funciones ecológicas con bienestar humano, seguridad territorial y continuidad de los medios de vida.

Desde una perspectiva de sostenibilidad territorial, estos servicios no operan por separado. Cuando disminuye la cobertura vegetal, se degrada el suelo o se altera el régimen hídrico, no solo se afecta un componente biofísico: se debilita la base funcional que sostiene asentamientos, producción, salud ambiental y cohesión comunitaria. El IPCC subraya la interdependencia entre clima, ecosistemas, biodiversidad y sociedades humanas, mientras la FAO recuerda que bosques y paisajes regulan caudales, reducen erosión y sedimentación, favorecen recarga de acuíferos y mejoran la calidad del agua. Por eso, la sostenibilidad territorial depende en buena medida de conservar y restaurar servicios ecosistémicos estratégicos; hacerlo no solo protege la naturaleza, también fortalece la capacidad adaptativa del territorio frente a sequías, lluvias extremas, incendios o pérdida de productividad (FAO, 2013, 2023; IPCC, 2022d).

**Tabla 1.**

*Servicios ecosistémicos y aporte a la sostenibilidad territorial*

<b>Servicio</b>	<b>Función principal</b>	<b>Riesgo climático asociado</b>	<b>Beneficio territorial</b>
Provisión de agua	Abastecimiento para consumo humano, riego y actividades productivas	Sequías prolongadas, variabilidad de precipitaciones, contaminación difusa	Seguridad hídrica y soporte a la producción local
Regulación hídrica	Infiltración, recarga, moderación de caudales y reducción de inundaciones	Lluvias extremas, pérdida de cobertura vegetal, escorrentía acelerada	Menor exposición de asentamientos e infraestructura
Regulación de erosión	Retención de suelo, estabilización de laderas y reducción de sedimentos	Eventos de precipitación intensa, degradación del suelo, incendios	Protección de suelos productivos, caminos y cauces
Soporte ecológico	Formación de suelo, ciclado de nutrientes, mantenimiento de hábitats	Calentamiento, degradación del paisaje, pérdida de biodiversidad	Base ecológica para productividad, resiliencia y restauración
Regulación climática local	Sombra, evapotranspiración, captura y almacenamiento de carbono	Olas de calor, deforestación, estrés ecosistémico	Microclimas más estables y menor vulnerabilidad territorial
Valor social del paisaje	Identidad, educación, recreación, memoria biocultural y cohesión comunitaria	Pérdida de ecosistemas, incendios, transformación acelerada del uso del suelo	Fortalecimiento del arraigo, gobernanza y cuidado del territorio

*Nota:* Clasificación basada en la tipología de servicios ecosistémicos difundida por el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio; articulación del riesgo climático desde el enfoque del IPCC; ejemplos de regulación hídrica y control de erosión apoyados en la FAO.

## **2.2. Biodiversidad, fauna y enfoque Una Salud**

La biodiversidad se encuentra entre los componentes más sensibles del riesgo climático porque responde a cambios graduales de temperatura y precipitación, pero también a perturbaciones más bruscas, como olas de calor, sequías, incendios, alteraciones hidrológicas o eventos extremos que modifican la

estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. El IPCC advierte que las especies ya muestran desplazamientos en sus rangos de distribución hacia mayores latitudes y elevaciones, mientras que en los hotspots de biodiversidad el cambio climático se suma a presiones previas como pérdida y fragmentación de hábitat, sobreexplotación, contaminación e invasiones biológicas, reduciendo la resiliencia ecológica (IPCC, 2022k). En ese marco, la biodiversidad amenazada no debe leerse solo como una pérdida de especies, sino como una disminución de integridad funcional del territorio y de su capacidad para sostener agua, alimentos, regulación climática y estabilidad ecosistémica.

Las alteraciones de hábitat son especialmente relevantes porque reorganizan las condiciones bajo las cuales interactúan fauna, vegetación, suelos, cuerpos de agua y actividades humanas. Cuando se interrumpe la conectividad ecológica, cambian los patrones de refugio, alimentación, reproducción y desplazamiento de la fauna; al mismo tiempo, aumentan tensiones en territorios donde producción, infraestructura o expansión de asentamientos avanzan sobre áreas ambientalmente estratégicas. El IPCC señala que la vulnerabilidad de muchas especies se agrava precisamente cuando el calentamiento opera junto con la fragmentación del hábitat y otras presiones antrópicas. En términos territoriales, esto significa que el riesgo climático no solo transforma ecosistemas “naturales”, sino también las relaciones entre paisaje y uso humano del espacio, con efectos acumulativos sobre cuencas, bosques, corredores biológicos y zonas de interfaz rural-urbana (IPCC, 2022k, 2022i).

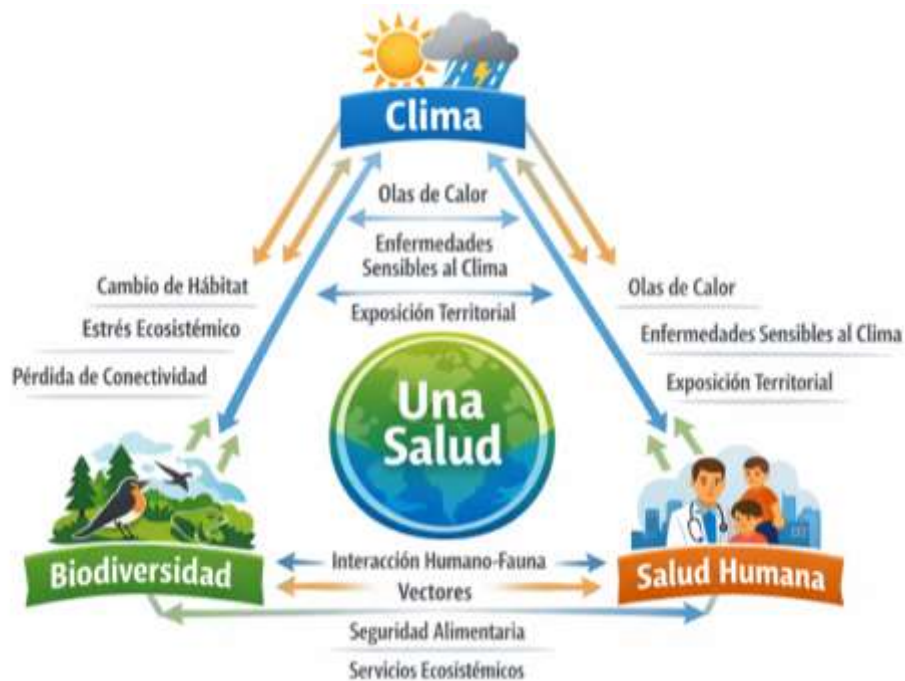
Ese reordenamiento ecológico también modifica las interacciones entre seres humanos y fauna. La OMS define One Health como un enfoque integrado y unificador que busca optimizar de forma conjunta la salud de las personas, los animales y los ecosistemas, precisamente porque esos ámbitos son interdependientes. Desde esa perspectiva, el problema no se reduce a enfermedades emergentes, aunque ese componente sea importante: incluye también seguridad alimentaria, enfermedades transmitidas por vectores, calidad ambiental, vigilancia, uso del suelo y prevención en interfaces donde ecosistemas estresados crean nuevas oportunidades para la aparición y propagación de riesgos sanitarios. La OMS recuerda, además, que alrededor del 60% de las enfermedades infecciosas emergentes notificadas a nivel global

proviene de animales, y que factores como cambio climático, fragmentación del hábitat y entrada en áreas silvestres aumentan esas condiciones de riesgo (FAO et al., 2023; OMS, 2023).

Por ello, el enfoque Una Salud ofrece un marco particularmente valioso para este capítulo: permite vincular biodiversidad, fauna y salud humana sin simplificar ninguna de las tres dimensiones. La propia OMS sostiene que la salud y el bienestar humanos dependen de la biodiversidad y de ecosistemas funcionales que proveen aire limpio, agua, suelos sanos, alimentos, medios de vida e incluso protección frente a enfermedades infecciosas. Leído desde la gestión territorial, ello implica pasar de una mirada sectorial a una lógica de coordinación entre ambiente, salud, producción, ordenamiento y gestión del riesgo. Más que una respuesta reactiva, se trata de una forma de gobernanza que reconoce que proteger hábitats, conservar biodiversidad y reducir presiones sobre la fauna también fortalece la prevención sanitaria y la resiliencia del territorio (WHO, 2024).

**Figura 6.**

*Conexión entre clima, biodiversidad y salud*



### **2.2.1. Cambio climático y conservación de fauna**

La conservación de fauna enfrenta un desafío creciente porque el cambio climático no actúa sobre ecosistemas intactos, sino sobre paisajes que ya suelen estar sometidos a fragmentación, transformación del uso del suelo y pérdida de conectividad. En ese contexto, la pérdida o degradación de hábitat reduce la capacidad de muchas especies para desplazarse, refugiarse o ajustar su comportamiento frente a nuevas condiciones ambientales. El IPCC señala que el cambio de uso y cobertura del suelo sigue siendo un factor mayor de pérdida de ecosistemas y biodiversidad, y que en América Central y del Sur la pérdida de hábitat incrementa la vulnerabilidad de las especies al cambio climático. Desde la conservación, esto obliga a pensar menos en parches aislados y más en redes ecológicas funcionales que sostengan movilidad, refugio y continuidad adaptativa de la fauna (IPCC, 2022b).

A ello se suma el estrés térmico y la alteración de ciclos biológicos. El IPCC reporta que los desplazamientos latitudinales y altitudinales de especies ya están bien establecidos a escala global, y que muchas especies terrestres y de agua dulce han modificado su distribución geográfica, sus actividades estacionales, sus patrones migratorios y sus interacciones ecológicas en respuesta al calentamiento. También advierte que, en numerosos ectotermos, la variación en la tolerancia térmica condiciona su vulnerabilidad y sus posibilidades de ajuste, con mayor exposición en organismos tropicales. Para la conservación de fauna, esta evidencia sugiere una prioridad clara: proteger hábitats climáticamente funcionales, mantener conectividad y anticipar cambios en distribución y fenología antes de que la presión acumulada vuelva irreversibles ciertas pérdidas (IPCC, 2022b).

### **2.2.2. Riesgos ecosistémicos y salud pública**

La relación entre riesgos ecosistémicos y salud pública debe entenderse desde una lógica de interdependencia. La OMS sostiene que la salud humana, la salud animal y la salud de los ecosistemas están estrechamente vinculadas, mientras que el IPCC advierte que la vulnerabilidad de las personas y la de los ecosistemas también es interdependiente. Esto significa que la degradación de hábitats, la pérdida de biodiversidad, la alteración del agua, del suelo o de la

cobertura vegetal no solo afectan funciones ecológicas, sino que modifican las condiciones ambientales que sostienen bienestar, alimentación, calidad del aire, disponibilidad hídrica y estabilidad territorial. En esa línea, un ecosistema funcional no es un elemento externo al campo sanitario; es parte de su base material preventiva.

Desde el enfoque de salud pública, esta interdependencia exige fortalecer la vigilancia y la prevención con una mirada integrada. La OMS define One Health como un enfoque unificador que busca optimizar la salud de personas, animales y ecosistemas, y señala que esos vínculos deben traducirse en nuevos métodos de vigilancia, monitoreo de riesgos y control, con coordinación entre sectores (WHO, 2022). De forma complementaria, el marco de sistemas de salud resilientes al clima de la OMS subraya que muchas respuestas eficaces requieren acciones conjuntas sobre determinantes ambientales, monitoreo compartido de exposiciones y resultados, además de políticas que incorporen la salud en decisiones de agricultura, agua, energía, transporte o uso del suelo. Por ello, la prevención no puede reducirse a la respuesta clínica: debe incluir observación temprana del deterioro ambiental, protección de funciones ecosistémicas y gobernanza intersectorial capaz de anticipar riesgos antes de que se consoliden como problemas sanitarios mayores.

### **2.3. Sistemas productivos amazónicos, rurales y costeros**

Los sistemas productivos amazónicos, rurales y costeros comparten una condición de base: dependen de manera directa del clima, del agua, del suelo, de la cobertura ecológica y de la estabilidad de los ecosistemas que los sostienen. Por eso, cuando cambian los regímenes de lluvia, aumentan los eventos extremos o se deterioran los recursos naturales, no solo se afecta la producción; también se comprometen ingresos, abastecimiento local, empleo y seguridad alimentaria. La FAO advierte que el cambio climático genera una cadena de impactos que va desde los agroecosistemas hacia la producción, y desde allí hacia las dimensiones económicas y sociales que sostienen los medios de vida rurales (FAO, 2013).

En la Amazonía, esta vulnerabilidad no se expresa de una sola manera. Existen sistemas diversificados que articulan bosque, cultivos, trabajo familiar e ingresos

múltiples, y otros más expuestos a simplificación productiva o presión sobre el suelo (Valdés-Sáenz et al., 2024). Un caso relevante es la chakra amazónica en Ecuador, reconocida por la FAO como un sistema importante del patrimonio agrícola mundial, descrita en la literatura reciente como un modelo de uso del suelo biodiverso que aporta seguridad alimentaria, servicios ecosistémicos y cohesión social. Un estudio de 2024 sobre productores amazónicos en Ecuador muestra, además, que la sostenibilidad de estos sistemas depende de la combinación entre capital natural, social, humano, físico y financiero, no únicamente del rendimiento del cultivo principal (Torres et al., 2024). Esa lectura resulta útil porque evita folclorizar el territorio: lo productivo amazónico no es una postal, sino una trama compleja de decisiones familiares, mercados, bosque y resiliencia cotidiana.

En los espacios rurales, la producción agrícola y pecuaria enfrenta un riesgo similar, aunque con configuraciones distintas. La variabilidad climática altera calendarios de siembra, disponibilidad de agua, humedad del suelo y estabilidad de los ingresos, especialmente donde predominan pequeñas explotaciones con baja capacidad de absorción de pérdidas. En la Amazonía ecuatoriana, la evidencia empírica indica que los sistemas de vida más diversificados, como los de base agrícola y forestal, presentan mejores condiciones para sostener seguridad alimentaria, autoempleo y producción sostenible, mientras que las estrategias menos diversificadas resultan más frágiles frente a perturbaciones (Torres et al., 2018). En términos territoriales, esto sugiere que la adaptación no debe reducirse a “producir más”, sino a diversificar, conservar suelo y agua, mejorar información climática y reforzar capacidades locales de respuesta.

En los territorios costeros, la pesca y la acuicultura ocupan un lugar decisivo tanto para la economía local como para la alimentación. La FAO señala que el cambio climático afecta estos sistemas por al menos tres vías: efectos físicos directos —como inundaciones, tormentas o aumento del nivel del mar—, respuestas biológicas y ecológicas —como cambios en productividad, abundancia o localización de especies—, y efectos socioeconómicos indirectos que repercuten sobre comunidades y cadenas productivas. Esa preocupación no es marginal: en 2022 la pesca y la acuicultura emplearon a 61.8 millones de personas en el mundo, y 2.3 millones en América Latina y el Caribe, lo que da

una idea de su peso social. La literatura sectorial reciente coincide en que las pesquerías de pequeña escala y la acuicultura costera requieren respuestas adaptativas específicas, porque el riesgo climático no llega a territorios vacíos, sino a comunidades que ya operan con márgenes estrechos, infraestructura limitada y alta dependencia del estado del ecosistema marino y estuarino (Galappaththi et al., 2021).

Para la costa ecuatoriana, el vínculo entre producción y ecosistema se observa con claridad en los manglares y estuarios. Un estudio reciente en el Golfo de Guayaquil muestra que estos ecosistemas siguen siendo fundamentales para la sostenibilidad ambiental y los medios de vida costeros, al tiempo que enfrentan tensiones por expansión acuícola, vacíos de coordinación y necesidades de monitoreo adaptativo (Torres et al., 2024; Velástegui-Montoya et al., 2025). Eso confirma una idea central para este capítulo: la vulnerabilidad local no depende solo de la amenaza climática, sino de cómo se organiza el territorio, qué tan conservadas están sus bases ecológicas y qué capacidad existe para diversificar respuestas. En la Amazonía, en el campo y en la costa, la adaptación más sólida parece surgir cuando la producción deja de verse como un sector aislado y empieza a gestionarse como parte de un sistema vivo que incluye paisaje, trabajo, alimentos y futuro compartido.

**Tabla 2.**

*Sistemas productivos amazónicos, rurales y costeros frente al riesgo climático*

Sistema productivo	Amenaza climática	Efecto esperado	Medida de respuesta
Chakra amazónica / agroforestería diversificada	Cambios en precipitación, sequías más prolongadas, degradación del suelo	Menor estabilidad productiva, presión sobre ingresos familiares y sobre funciones ecológicas del sistema	Diversificación productiva, conservación de cobertura arbórea, manejo de suelo y agua, fortalecimiento asociativo
Agricultura familiar rural	Variabilidad de lluvias, olas de calor, erosión, pérdida de humedad del suelo	Alteración de calendarios agrícolas, reducción de rendimiento,	Manejo sostenible de suelo, almacenamiento de agua, información climática,

Pesca artesanal costera	Tormentas, cambios oceanográficos, desplazamiento de especies, deterioro de hábitats costeros	Mayor inseguridad alimentaria local Menor previsibilidad de capturas, mayor exposición operativa, inestabilidad de medios de vida Pérdida de productividad,	diversificación de cultivos e ingresos Alertas tempranas, manejo pesquero adaptativo, mejora de infraestructura, diversificación de ingresos
Acuicultura costera/estuarina	Aumento de temperatura, cambios de salinidad, eventos extremos, deterioro ecosistémico	mayor sensibilidad operativa, presión sobre seguridad alimentaria y empleo Pérdida de protección ecosistémica y debilitamiento de soporte a actividades costeras	Acuicultura climáticamente inteligente, gestión de agua, bioseguridad, ordenamiento territorial y monitoreo
Manglares vinculados a economías costeras	Aumento del nivel del mar, cambios de uso del suelo, expansión no regulada	Pérdida de protección ecosistémica y debilitamiento de soporte a actividades costeras	Conservación y restauración de manglar, gobernanza comunitaria, trazabilidad y vigilancia adaptativa

*Nota:* síntesis elaborada a partir de FAO sobre cambio climático, seguridad alimentaria, pesca y acuicultura, junto con estudios sectoriales sobre la chakra amazónica en Ecuador, diversificación productiva en la Amazonía ecuatoriana, adaptación en pesquerías de pequeña escala, acuicultura climáticamente inteligente y gobernanza manglar-acuicultura en el Golfo de Guayaquil.

### 2.3.1. Acuicultura y pesca frente a la variabilidad climática

La acuicultura y la pesca son especialmente sensibles a la variabilidad climática porque dependen de la estabilidad del agua como medio ecológico y productivo. La FAO señala que el aumento de la variabilidad en las precipitaciones, junto con cambios en la temperatura del aire y del agua, afecta la productividad de ríos, lagos y llanuras de inundación, además de incidir en la distribución de especies y en la presión sobre los recursos hídricos. En acuicultura, ese mismo marco de cambio se expresa en fluctuaciones de disponibilidad de agua, salinidad y temperatura, factores que comprometen la viabilidad operativa de los sistemas, sobre todo cuando se combinan con sequías, inundaciones o degradación previa del entorno (FAO, 2026a).

Desde el punto de vista productivo, la temperatura importa porque regula procesos biológicos básicos de los organismos acuáticos. La FAO ha advertido que los cambios en la temperatura del hábitat influyen en el metabolismo, el crecimiento, la estacionalidad reproductiva y la producción total de las especies acuáticas; de forma concordante, una revisión sectorial reciente sobre acuicultura climáticamente inteligente resume que las fluctuaciones térmicas, la acidificación y los eventos extremos obligan a replantear prácticas productivas si se quiere sostener la productividad y la seguridad alimentaria en contextos costeros y acuícolas (FAO, 2010). Por eso, más que asumir respuestas uniformes, conviene reconocer que cada sistema reacciona según su especie cultivada o capturada, su fuente de agua, su escala y su ubicación territorial.

Frente a ello, el manejo adaptativo deja de ser una opción complementaria y pasa a convertirse en una condición de continuidad. La FAO recomienda medidas como mejorar la gestión del agua, ajustar ubicación y diseño de granjas, fortalecer monitoreo, bioseguridad y procedimientos de emergencia, además de adaptar calendarios de cosecha y comercialización cuando cambian las condiciones ambientales. En pesca, la literatura de síntesis sobre adaptación subraya la importancia de enfoques flexibles, basados en resiliencia ecológica y social, con instituciones locales capaces de aprender, ajustar reglas y responder a la incertidumbre (Cortes et al., 2026). En territorios donde el clima ya altera ritmos productivos, adaptarse no significa prometer más rendimiento sin base técnica, sino sostener la actividad con mejores decisiones sobre agua, temperatura, riesgo y gobernanza.

### **2.3.2. Producción agropecuaria, zootecnia y seguridad alimentaria**

La producción agropecuaria y la zootecnia ocupan un lugar central en la seguridad alimentaria porque conectan agua, suelo, trabajo, transporte, almacenamiento, mercado y consumo. Cuando la variabilidad climática altera lluvias, temperaturas o la frecuencia de eventos extremos, la afectación no se detiene en la parcela o en la unidad pecuaria: se desplaza a lo largo de la cadena productiva, comprometiendo disponibilidad de alimentos, acceso, utilización y estabilidad en el tiempo, que son precisamente las cuatro dimensiones de la

seguridad alimentaria definidas por la FAO (FAO et al., 2023). Por eso, el problema no debe leerse solo como una caída productiva puntual, sino como una perturbación del sistema alimentario territorial en su conjunto.

En zootecnia, la presión climática se expresa de forma directa e indirecta. La FAO advierte que el aumento de temperatura, la redistribución de lluvias, la mayor frecuencia de sequías e inundaciones, el estrés térmico y la menor disponibilidad de agua afectan el desempeño de los sistemas pecuarios; a ello se suman efectos sobre forrajes, manejo y condiciones operativas (Cortes et al., 2026). En territorios rurales con márgenes de respuesta limitados, estas tensiones repercuten en la continuidad de las cadenas agropecuarias, en la regularidad del abastecimiento y en la capacidad de los hogares para sostener producción e ingresos sin deteriorar su base natural.

La respuesta local más consistente no pasa por una única medida, sino por combinaciones adaptativas construidas desde el territorio. La FAO propone, entre otras opciones, diversificar cultivos, ajustar calendarios productivos, fortalecer reservas de agua y forraje, mejorar almacenamiento, adaptar el manejo pecuario y promover prácticas integradas que conserven suelo y humedad. Ese enfoque resulta valioso porque reconoce que la resiliencia agroalimentaria se construye en varios niveles a la vez: en la finca, en la comunidad, en el acceso a información climática y en la organización de cadenas más flexibles. Allí radica una idea clave para este capítulo: la seguridad alimentaria no se protege solo produciendo más, sino produciendo con mayor capacidad de adaptación frente a la incertidumbre climática.



**Capítulo III: Mitigación del cambio climático y  
transición productiva sostenible**

## Mitigación del cambio climático y transición productiva sostenible

### 3.1. Mitigación, descarbonización y transición sectorial

La mitigación del cambio climático exige reducir de forma verificable las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras la descarbonización supone transformar los sistemas energéticos, productivos y territoriales que hoy dependen de combustibles fósiles, materiales intensivos en carbono y patrones de consumo ineficientes. No se trata de una sustitución tecnológica automática, sino de una reestructuración material de la economía. La urgencia es nítida: UNEP estimó que las emisiones globales alcanzaron 57,1 GtCO<sub>2</sub>e en 2023, y advirtió que, para mantener abierta una trayectoria compatible con 1,5 °C, las emisiones de 2030 deberían situarse 42 % por debajo de los niveles de 2019; para 2035, la reducción requerida asciende a 57 %. Bajo políticas actuales, el calentamiento proyectado se ubica en torno a 3,1 °C, lo que confirma que la transición sectorial ya no puede plantearse como ajuste gradual, sino como corrección estructural de la trayectoria emisora (United Nations Environment Programme, 2024b, 2024a).

Desde la perspectiva sectorial, el IPCC muestra que en 2019 el 34 % de las emisiones globales provenía del sector energía (20 GtCO<sub>2</sub>e), el 24 % de la industria (14 GtCO<sub>2</sub>e), el 22 % de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (13 GtCO<sub>2</sub>e), el 15 % del transporte (8,7 GtCO<sub>2</sub>e) y el 5,6 % de los edificios (3,3 GtCO<sub>2</sub>e). UNEP, con datos de 2023, reafirma que la generación eléctrica sigue siendo el mayor foco emisor con 15,1 GtCO<sub>2</sub>e, seguida por el transporte con 8,4 GtCO<sub>2</sub>e. Esta distribución obliga a evitar enfoques dispersos: la mitigación efectiva requiere priorizar los nodos donde coinciden mayor volumen de emisiones, mayor factibilidad de reducción y mayor capacidad de arrastre sobre el resto del sistema productivo (IPCC, 2022b; United Nations Environment Programme, 2024a).

La transición energética ocupa una posición habilitadora, pero no suficiente por sí sola. El IPCC identifica que la mayor subfuente individual de emisiones en 2019 fue la electricidad y el calor, con 14 GtCO<sub>2</sub>e, y también señala que el sector

eléctrico es comparativamente más fácil de descarbonizar que los usos finales no eléctricos, en especial los industriales y parte del transporte pesado. A ello se suma un dato relevante: entre 2010 y 2019 la economía mundial utilizó en promedio 1,9 % menos energía por unidad de PIB cada año, señal de mejora en eficiencia, aunque todavía insuficiente frente a la velocidad requerida. Por eso, la transición no puede reducirse a expandir renovables; debe combinar electrificación limpia, redes robustas, almacenamiento, gestión de la demanda, retiro anticipado de infraestructura fósil y mejoras sustantivas de eficiencia en procesos, equipos y cadenas logísticas. UNEP coincide en que el potencial técnico-económico existe con tecnologías disponibles, pero advierte que persisten barreras de política, gobernanza, financiamiento e implementación (IPCC, 2022b; United Nations Environment Programme, 2024a).

En los sectores industrial y transporte se concentran parte de las mayores dificultades de descarbonización. El IPCC estima que la industria generó 14,1 GtCO<sub>2</sub>e de emisiones directas en 2019, equivalentes al 24 % de las emisiones antropogénicas directas; si se incorporan las emisiones indirectas por electricidad y calor, su peso asciende a 20 GtCO<sub>2</sub>e, es decir, 34 % del total global. En paralelo, la IEA reporta que las emisiones del transporte alcanzaron casi 8 GtCO<sub>2</sub> en 2022, y que para alinearse con una trayectoria neta cero deberían caer alrededor de 25 % hacia 2030. En consecuencia, la transición sectorial debe operar sobre tres frentes complementarios: eficiencia material y energética, sustitución de combustibles fósiles por electricidad o combustibles de baja emisión cuando ello sea técnicamente viable, y rediseño de procesos para reducir emisiones de proceso en actividades como cemento, acero, química o logística de carga. Aquí no cabe triunfalismo: en varios subsectores las alternativas existen, pero aún enfrentan costos, cuellos de infraestructura, dependencia tecnológica y tiempos largos de renovación del capital fijo (IEA, 2023; IPCC, 2022i).

La dimensión territorial completa el cuadro de la mitigación. El IPCC subraya que el sector AFOLU es singular porque puede reducir emisiones y, al mismo tiempo, aumentar remociones, aunque advierte que su despliegue mal diseñado puede agravar tensiones con biodiversidad, servicios ecosistémicos y seguridad alimentaria. Por eso, el uso del suelo no debe tratarse como compensación

abstracta, sino como parte de una transición productiva vinculada con control de la deforestación, restauración, manejo de suelos, sistemas agroforestales y ordenamiento territorial. Algo similar ocurre con los residuos: UNEP proyecta que los residuos sólidos municipales pasarán de 2,1 mil millones de toneladas en 2023 a 3,8 mil millones en 2050 si prevalece la inercia actual, mientras recuerda que el metano de origen humano explica aproximadamente un tercio del calentamiento actual (IPCC, 2022f; United Nations Environment Programme and International Solid Waste Association, 2024). Bajo esa lógica, la mitigación territorial no se limita al cierre de emisiones energéticas; también exige prevención, separación, valorización de orgánicos, economía circular y control de metano en disposición final.

**Figura 7.**

*Ruta de Mitigación y Descarbonización*



### 3.1.1. Mitigación en energía, transporte e industria

En mitigación, las rutas más sólidas para energía, transporte e industria parten de una constatación básica: la reducción de emisiones debe concentrarse en los sectores con mayor peso estructural dentro del sistema productivo. El IPCC estimó que, en 2019, el sector energía representó 34 % de las emisiones globales directas de GEI, la industria 24 % y el transporte 15 %; por su parte,

UNEP reportó que las emisiones mundiales alcanzaron 57,1 GtCO<sub>2</sub>e en 2023, confirmando que la trayectoria actual sigue alejada de una senda compatible con 1,5 °C (IPCC, 2022b; United Nations Environment Programme, 2024a). En ese marco, la mitigación no puede entenderse como una suma dispersa de proyectos, sino como una transición coordinada que combine reducción del uso fósil, modernización tecnológica, eficiencia energética y reorganización de procesos a escala sectorial.

En el sector energía, la ruta de reducción pasa por descarbonizar la generación eléctrica, ampliar fuentes de bajas emisiones, reforzar redes, almacenamiento y gestión de la demanda, al mismo tiempo que se acelera la electrificación de usos finales donde ello sea técnicamente viable. El IPCC subraya que el sistema energético es la mayor fuente de CO<sub>2</sub> y que su transformación resulta decisiva para limitar el calentamiento; aun así, advierte que la transición no depende solo de instalar nueva capacidad, sino también de mejorar la eficiencia de equipos, edificios, redes y procesos de consumo. En transporte, la reducción requiere un enfoque combinado: evitar viajes innecesarios cuando sea posible, cambiar hacia modos más eficientes y de menor emisión, mejorar la eficiencia vehicular, además de electrificar de forma prioritaria el transporte terrestre liviano y parte del transporte público (IPCC, 2022e, 2022g). El propio IPCC señala que las opciones de mitigación no deben restringirse al vehículo como unidad tecnológica, porque el ordenamiento territorial, la movilidad colectiva y la logística también determinan el volumen final de emisiones.

En industria, la transición es más compleja porque no solo involucra consumo energético, sino emisiones de proceso, intensidad material, recambio lento de infraestructura y dependencia de cadenas de suministro. Por ello, el IPCC organiza la mitigación industrial en varias rutas complementarias: reducción de la demanda de materiales, eficiencia material, economía circular, eficiencia energética, electrificación y sustitución de combustibles, además del uso selectivo de captura, utilización y almacenamiento de carbono en actividades difíciles de abatir. En términos técnicos, esto implica que la descarbonización industrial no se resolverá con una única tecnología dominante, sino con combinaciones sectoriales diferenciadas según el tipo de proceso, la disponibilidad de electricidad limpia, la infraestructura y la viabilidad económica

(IPCC, 2022h). Desde esa perspectiva, la transición productiva sostenible exige prudencia analítica: hay opciones maduras para avanzar, pero la velocidad y profundidad del cambio dependen de condiciones regulatorias, financieras y territoriales que no deben darse por supuestas.

### **3.1.2. Mitigación y co-beneficios territoriales**

La mitigación con enfoque territorial puede producir co-beneficios relevantes, pero no de forma automática ni uniforme. En términos de empleo verde y competitividad local, sus efectos dependen de que las medidas climáticas se integren con políticas de desarrollo productivo, formación de capacidades, infraestructura, innovación y financiamiento. La propia CEPAL advierte que el cambio climático ya afecta la dinámica del empleo en América Latina y el Caribe, y sostiene que la respuesta no puede limitarse al plano ambiental: requiere articular políticas productivas, laborales y macroeconómicas junto con medidas efectivas de mitigación y adaptación. En esa misma línea, CEPAL señala que varios países de la región han incorporado la innovación verde y las tecnologías ecológicas dentro de sus estrategias de desarrollo, precisamente porque la transición solo fortalece la base económica local cuando se conecta con capacidades empresariales, encadenamientos territoriales y gobernanza pública sostenida (Braude et al., 2024; NU y CEPAL, 2024).

En cuanto a la calidad ambiental, existe evidencia consistente de que ciertas medidas de mitigación —sobre todo las que reducen metano, carbono negro y otras emisiones vinculadas a combustibles fósiles o residuos— pueden mejorar la calidad del aire y generar beneficios sanitarios y de productividad en plazos relativamente cortos. Sin embargo, conviene no sobredimensionar estos resultados: el Banco Mundial subraya que las sinergias entre mitigación climática y aire limpio son reales, pero también que los trade-offs entre objetivos climáticos y de contaminación atmosférica deben evaluarse con cuidado. De manera complementaria, la literatura de política climática muestra que los beneficios territoriales solo se consolidan cuando el diseño de la acción climática se adapta al contexto institucional, a las prioridades de desarrollo y a rutas de implementación concretas; fuera de ese marco, los co-beneficios pueden ser

parciales, desiguales o incluso no materializarse a escala local (Malley et al., 2021).

### **3.2. Economía circular, residuos, aguas residuales y biorremediación**

La economía circular aplicada a residuos y aguas residuales parte de una premisa operativa: dejar de tratar estos flujos como pasivos inevitables para gestionarlos como corrientes con potencial de recuperación de materiales, energía, nutrientes y agua. Esa transición no es automática ni lineal; depende de separación en origen, calidad del flujo entrante, compatibilidad tecnológica, mercado para los subproductos y control ambiental de todo el proceso. La urgencia es clara: UNEP estima que la generación mundial de residuos sólidos municipales podría pasar de 2,1 mil millones de toneladas en 2023 a 3,8 mil millones en 2050 si prevalece la inercia actual, mientras que la propia organización sostiene que un enfoque de economía circular puede reducir costos netos y transformar parte del problema en valor recuperable (United Nations Environment Programme y International Solid Waste Association, 2024). Aun así, convertir residuo en recurso exige diseño institucional, trazabilidad técnica y evaluación de desempeño, no solo discurso de innovación.

En la valorización de residuos, el avance más consistente no está en una tecnología única, sino en la combinación de rutas según la naturaleza del material: reciclaje cuando la calidad lo permite, compostaje o digestión anaerobia para fracciones orgánicas, recuperación de subproductos en esquemas de biorrefinería, además de reinserción en cadenas productivas cuando existe demanda real (Ufitikirezi et al., 2024). La evidencia reciente muestra que la segregación adecuada del residuo sigue siendo un punto crítico para habilitar usos de mayor valor, en especial en residuos orgánicos y agroindustriales. Revisiones recientes sobre valorización de residuos alimentarios y agrícolas coinciden en que estos flujos pueden convertirse en biogás, bioaceites, biocombustibles o bioinsumos, pero también advierten que la rentabilidad y el beneficio ambiental dependen de la calidad del residuo, la logística de acopio, la escala de operación y la integración con sistemas energéticos o agroproductivos locales. Dicho de otro modo, la circularidad funciona mejor cuando se diseña

como sistema territorial de aprovechamiento, no como solución aislada de planta (Sarker et al., 2024).

En aguas residuales, la lógica circular desplaza el enfoque clásico de simple depuración hacia uno de tratamiento con recuperación. La FAO recuerda que incluso tecnologías relativamente sencillas, como las lagunas de estabilización, pueden ser apropiadas en ciertos contextos y requieren tiempos de retención de 20 días o más para favorecer la destrucción de patógenos. En paralelo, la literatura reciente en el sector hídrico muestra que ya existen tecnologías maduras para recuperar agua, nutrientes, materiales y energía, aunque su implementación a gran escala sigue limitada por barreras técnicas, financieras y de integración con las cadenas de valor. En esta línea, los sistemas basados en microalgas han mostrado resultados promisorios: una revisión de 2025 reporta remociones de 24 % a 100 % de nitrógeno, 25 % a 100 % de fósforo y reducciones de 23 % a 95 % de DQO, dependiendo del tipo de agua residual y de las condiciones de cultivo (Álvarez-Vizcarra, 2023; FAO, 2026b). Estos rangos son técnicamente alentadores, pero deben leerse con prudencia, porque la variabilidad del afluente, la estabilidad biológica y los costos de operación siguen marcando la diferencia entre buen resultado experimental y solución reproducible.

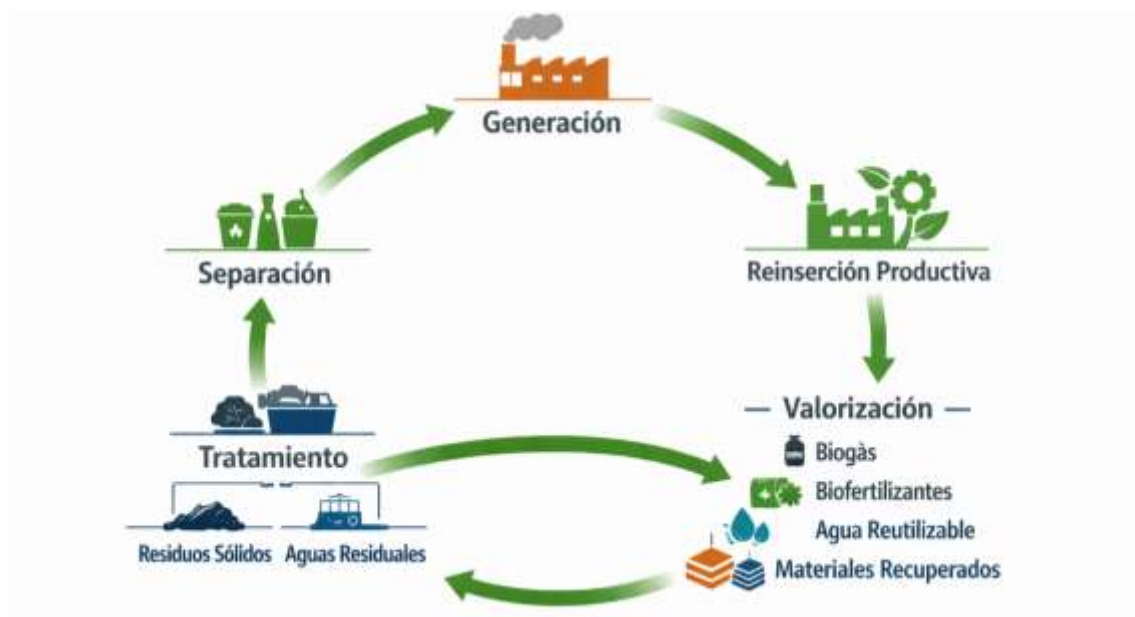
La biotecnología ambiental amplía ese horizonte al incorporar microorganismos, consorcios bacterianos, hongos y microalgas para remediar contaminantes que los esquemas convencionales no siempre gestionan bien. La literatura reciente destaca que la biorremediación puede actuar sobre metales pesados, hidrocarburos, contaminantes persistentes y compuestos emergentes mediante biosorción, bioacumulación, biotransformación o degradación enzimática. Los resultados son significativos, pero heterogéneos: se han reportado eficiencias de hasta 81 % para cadmio y 40 % para plomo con *Bacillus cereus* en condiciones específicas; también se ha documentado que microalgas como *Chlorella vulgaris* o *Phaeodactylum tricornutum* logran remociones finales de 40 % a 59 % para ciertos contaminantes emergentes, mientras que consorcios microbianos bien diseñados pueden superar el 90 % de remoción de DQO y nutrientes en escenarios controlados. El punto crítico es no extrapolar de manera acrítica esos valores a cualquier territorio o instalación: la escalabilidad, la bioseguridad, el

control operacional y la aceptación regulatoria siguen siendo factores decisivos (Bosco et al., 2025; FAO, 2026b).

Desde una perspectiva de ecoeficiencia, la remediación circular resulta más robusta cuando reduce simultáneamente carga contaminante, consumo de insumos vírgenes y pérdidas de materiales aprovechables. Por eso, el valor de estas estrategias no debe medirse solo por la remoción de contaminantes, sino por su capacidad para cerrar ciclos sin trasladar impactos a otras etapas del proceso. En términos prácticos, ello implica comparar balances de energía, generación de lodos, calidad del efluente, posibilidad de reutilización del agua, estabilidad del subproducto recuperado y viabilidad de reinserción productiva. La innovación, en este capítulo, sí importa; pero solo es útil cuando se acopla a criterios de desempeño, control sanitario, trazabilidad ambiental y pertinencia territorial.

**Figura 8.**

*Flujo circular de gestión de residuos*



### 3.2.1. Biorremediación y tecnologías biológicas

La biorremediación agrupa tecnologías biológicas que emplean microorganismos —principalmente bacterias, hongos, arqueas y, en ciertos sistemas, microalgas— para degradar, transformar, inmovilizar o detoxificar

contaminantes en suelo, agua y efluentes. Su valor técnico radica en que puede actuar sobre hidrocarburos, compuestos orgánicos persistentes, colorantes, pesticidas y algunos metales mediante rutas como biodegradación, biosorción, bioestimulación y bioaumentación. La literatura reciente muestra, además, que el campo está avanzando hacia herramientas más finas de control, como consorcios microbianos diseñados, bioreactores optimizados y apoyo de biología molecular para identificar genes y rutas metabólicas con mejor capacidad de respuesta frente a contaminantes complejos. Sin embargo, los propios estudios subrayan que estas tecnologías no sustituyen automáticamente a los tratamientos físico-químicos, sino que suelen funcionar mejor como parte de esquemas integrados y bajo condiciones operativas bien controladas.

En términos de tratamiento y descontaminación, la principal fortaleza de la biorremediación es su capacidad para aprovechar procesos metabólicos naturales con menor agresividad ambiental que algunas alternativas convencionales. Aun así, no debe presentarse como una solución de eficacia universal. La eficiencia real depende del tipo y concentración del contaminante, del pH, temperatura, oxígeno disponible, salinidad, presencia de co-sustratos, competencia microbiana y características del sitio o del efluente. Incluso las revisiones más optimistas advierten que muchos buenos resultados provienen de condiciones experimentales o sistemas controlados, y que la transferencia a escala real puede verse limitada por variabilidad ambiental, costos de operación, estabilidad del consorcio biológico y exigencias regulatorias. Por eso, una formulación prudente consiste en reconocer que las tecnologías biológicas ofrecen una vía prometedora y cada vez más sofisticada para la descontaminación, pero su aplicación debe decidirse caso por caso, con validación técnica y seguimiento de desempeño.

### **3.2.2. Residuos urbanos e industriales con enfoque de ecoeficiencia**

En los residuos urbanos, el enfoque de ecoeficiencia no se limita a recoger y disponer mejor, sino a minimizar la generación, mejorar la separación en origen y priorizar rutas de aprovechamiento que reduzcan costos ambientales por unidad de servicio. Esta lógica cobra peso porque el problema sigue creciendo:

UNEP estima que los residuos sólidos municipales pasarán de 2,1 mil millones de toneladas en 2023 a 3,8 mil millones en 2050, y advierte que los costos globales anuales asociados a una mala gestión podrían acercarse a USD 640,3 mil millones hacia 2050 si no se corrige la trayectoria actual. En términos prácticos, eso vuelve estratégicas medidas como la prevención, la recolección diferenciada, el reciclaje, el compostaje y la digestión anaerobia, especialmente cuando la fracción orgánica o reciclable tiene calidad suficiente para reintegrarse al sistema productivo (United Nations Environment Programme y International Solid Waste Association, 2024).

En los residuos industriales, la ecoeficiencia se vincula con la reducción simultánea de consumo de materiales, energía, pérdidas de proceso y cargas contaminantes. La literatura reciente muestra que las mejores decisiones no suelen depender de una sola tecnología, sino de seleccionar la ruta de circularidad más adecuada según composición del residuo, escala, costos de separación, posibilidad de reinserción y demanda del material recuperado. Estudios recientes subrayan, además, que indicadores de ecoeficiencia y modelos de optimización permiten comparar alternativas de recuperación con mayor rigor, mientras la simbiosis industrial y los ecosistemas industriales aparecen como marcos útiles para convertir subproductos en insumos de otros procesos. Aun así, conviene mantener prudencia: no todo residuo puede valorizarse con la misma eficiencia, y la viabilidad real depende de calidad del flujo, infraestructura, regulación sanitaria y mercado para el material recuperado.

Desde esta perspectiva, la reducción de impactos exige mirar el sistema completo: un esquema ecoeficiente no solo disminuye disposición final, sino que evita trasladar problemas a otras etapas mediante consumos excesivos de agua, energía o transporte. Por eso, el aprovechamiento debe evaluarse con criterios técnicos y no solo con el argumento general de “reciclar más”. En varios casos, la opción más robusta será prevenir la generación; en otros, mejorar la clasificación; en otros, valorizar material o energéticamente; y, cuando nada de eso sea viable, disponer con control ambiental. Esa jerarquía permite sostener una gestión más sobria, menos costosa y con menor presión sobre suelo, aire y agua.

**Tabla 3.**

*Residuos urbanos e industriales con enfoque de ecoeficiencia*

<b>Problema</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Beneficio</b>	<b>Limitación</b>
Alta mezcla de residuos urbanos	Separación en origen y recolección diferenciada	Mejora la calidad del material recuperable y reduce rechazo	Requiere participación sostenida, logística y control de calidad
Fracción orgánica municipal elevada	Compostaje o digestión anaerobia	Reduce disposición final y permite obtener compost o biogás	Sensible a contaminación del flujo y a mercados débiles para subproductos
Residuos reciclables de bajo valor	Clasificación mecánica y mejora de trazabilidad	Incrementa tasas de recuperación y eficiencia operativa	Puede elevar costos si el material llega muy contaminado
Subproductos industriales aprovechables	Simbiosis industrial	Reincorpora materiales, agua o energía en otros procesos	Depende de coordinación entre empresas y compatibilidad técnica
Pérdidas de material en manufactura	Rediseño de procesos e indicadores de ecoeficiencia	Disminuye desperdicio, consumo energético y costo unitario	Exige inversión, datos confiables y cambios organizacionales
Residuos industriales complejos o peligrosos	Tratamientos especializados y valorización selectiva	Reduce riesgo ambiental y recupera fracciones útiles cuando es viable	No siempre existe rentabilidad ni factibilidad técnica de reinserción

### **3.3. Medición, indicadores y evaluación de desempeño climático**

La medición del desempeño climático no debe reducirse a una cifra agregada de emisiones al cierre del año. Su función es construir un sistema de seguimiento que permita comparar periodos, identificar fuentes críticas, sustentar decisiones correctivas y dejar evidencia suficiente para revisión técnica o auditoría. En términos metodológicos, el punto de partida es definir límites organizacionales y operacionales, distinguir entre alcances 1, 2 y 3 cuando corresponda, y documentar el método de cálculo con base en datos de actividad, factores de emisión y supuestos explícitos. El GHG Protocol Corporate Standard constituye

uno de los marcos más utilizados para la preparación de inventarios verificables de GEI, mientras que las Directrices del IPCC y su Refinamiento 2019 siguen siendo la referencia metodológica central para factores por defecto, categorías y mejora continua del cálculo (Chew et al., 2023; Kongboon et al., 2022). A su vez, ISO 14031:2021 precisa que la evaluación del desempeño ambiental sirve para diseñar y usar indicadores dentro de una organización, pero no fija niveles de desempeño predeterminados; por eso, la utilidad del sistema depende menos del volumen de indicadores que de su consistencia y trazabilidad (Zhu et al., 2023).

Un esquema sobrio de indicadores debería combinar, como mínimo, métricas absolutas, de intensidad, de gestión operativa y de control. Las emisiones absolutas se expresan normalmente en tCO<sub>2</sub>e; las intensidades, en unidades como kg CO<sub>2</sub>e por tonelada producida, tCO<sub>2</sub>e/MWh, kg CO<sub>2</sub>e/km o tCO<sub>2</sub>e por millón de ingresos, según el proceso evaluado. Junto a ello conviene incorporar variables de soporte, por ejemplo consumo energético (kWh o GJ), porcentaje de electricidad renovable, tasa de valorización de residuos (%), agua reutilizada (m<sup>3</sup> o %) y porcentaje de datos con respaldo documental (Godoy-Sato y Pereira-Bonfim, 2026). Este diseño evita dos errores frecuentes: primero, confundir reducción absoluta con mejora operativa; segundo, reportar intensidades favorables mientras aumentan las emisiones totales. IFRS S2 refuerza esta lógica al requerir información que permita entender la performance de la entidad frente a riesgos y oportunidades climáticas, incluido el progreso respecto de metas existentes, y al exigir la divulgación de emisiones de alcance 1, 2 y 3 con criterios de materialidad (Yoon et al., 2024).

La trazabilidad es el componente que convierte un indicador en evidencia y no en simple declaración, en la práctica, ello implica que cada dato reporte su origen, fecha, responsable, unidad, factor aplicado, versión metodológica y criterio de consolidación. El propio GHG Protocol resume la lógica básica de estimación como actividad × factor de emisión = emisiones, y subraya que la calidad del dato de actividad suele ser la principal limitación de un inventario corporativo; por eso recomienda procedimientos robustos, comparación con tendencias históricas, revisión de cambios superiores a 10 % entre años y verificación consistente de límites organizacionales y operacionales. Desde una

perspectiva de evaluación de desempeño, esto obliga a revisar no solo el valor del indicador, sino también su cobertura, completitud, comparabilidad interanual, incertidumbre y capacidad para explicar desviaciones (Bjørn et al., 2023; Hansen et al., 2022). Cuando el sistema no documenta esas condiciones, el seguimiento pierde valor analítico, aunque la cifra final parezca correcta.

La auditoría climática y ambiental debe entenderse como una revisión estructurada de métodos, controles, evidencias y consistencia del sistema de medición, en este punto, ISO 19011 aporta el marco para los principios de auditoría, la gestión del programa, la conducción de auditorías y la evaluación de competencias del equipo auditor. Conviene distinguir, además, entre inventario verificable y verificación formal: el GHG Protocol fue diseñado para facilitar inventarios verificables, pero no establece por sí mismo un estándar de verificación. Por eso, un sistema maduro combina control interno periódico, revisión metodológica, archivo de evidencias, tratamiento de no conformidades y, cuando el objetivo lo justifica, aseguramiento externo (Sharaf-Addin, 2024). En cuanto al desempeño, la auditoría útil no se limita a confirmar si el valor reportado “cuadra”, sino que examina si el indicador es pertinente, si responde al riesgo material, si conserva continuidad metodológica y si permite sostener decisiones ambientales y financieras con respaldo suficiente.

**Tabla 4.**

*Indicadores mínimos para seguimiento y evaluación de desempeño climático*

Indicador	Unidad	Frecuencia	Utilidad	Fuente
Emisiones GEI Alcance 1	tCO <sub>2</sub> e	Mensual / anual	Controlar emisiones directas por combustión, proceso o fugas	Medición interna; GHG Protocol; factores IPCC
Emisiones GEI Alcance 2	tCO <sub>2</sub> e	Mensual / anual	Evaluar electricidad, vapor, calor o frío adquiridos	Facturas, medidores, contratos de energía; GHG Protocol Scope 2

Emisiones GEI Alcance 3 prioritarias	tCO <sub>2</sub> e por categoría	Trimestral / anual	Identificar exposición de cadena de valor y riesgos de transición	Compras, logística, residuos, viajes, proveedores; GHG Protocol Scope 3; IFRS S2
Intensidad de emisiones	kg CO <sub>2</sub> e/unidad funcional	Mensual / trimestral	Comparar eficiencia climática sin depender solo del volumen total	Inventario GEI + dato productivo o de servicio
Consumo energético total	kWh o GJ	Mensual	Relacionar eficiencia operativa y presión energética	Medidores, facturación, sistema energético
Cobertura documental del inventario	% de datos con respaldo verificable	Mensual / trimestral	Medir trazabilidad y preparación para auditoría	Registro interno de evidencia
Desviación interanual relevante	% variación	Trimestral / anual	Detectar cambios metodológicos o operativos que exigen revisión	Serie histórica del inventario
Hallazgos de auditoría abiertos/cerrados	Nº y % de cierre	Trimestral / semestral	Evaluar control, corrección y madurez del sistema	Programa de auditoría; ISO 19011
Cumplimiento de metas climáticas vigentes, si existen	% de avance	Semestral / anual	Relacionar desempeño con compromisos declarados	Plan interno, reporte de sostenibilidad, IFRS S2

### 3.3.1. Indicadores de mitigación y sostenibilidad

Para evaluar la mitigación y la sostenibilidad conviene trabajar con un núcleo reducido de indicadores, pero cada uno con definición operativa, unidad de medida y criterio de cálculo. En emisiones, el indicador base es el inventario de GEI en tCO<sub>2</sub>e, desagregado al menos en alcance 1 y alcance 2, y en alcance 3 cuando resulte material para la organización; esta estructura proviene del GHG Protocol Corporate Standard. Junto a la cifra absoluta, es útil incorporar una

intensidad de emisiones, por ejemplo kg CO<sub>2</sub>e por tonelada producida, por MWh o por unidad de servicio, porque permite relacionar el desempeño climático con el nivel real de actividad (Sharaf-Addin, 2024). En eficiencia, el indicador más defendible es la intensidad energética, que GRI define como una razón entre consumo de energía y una métrica específica de la organización; en términos prácticos, puede expresarse como kWh/unidad producida, GJ/proceso o kWh/m<sup>2</sup>, siempre que el denominador permanezca estable en el tiempo (Kasperzak et al., 2023).

En residuos y agua también conviene evitar métricas vagas. Para residuos, los indicadores mínimos son residuos generados totales (t), residuos desviados de disposición final (t) y porcentaje de valorización o desvío, calculado como residuos preparados para reutilización, reciclaje u otra recuperación sobre el total gestionado; GRI 306 exige, además, distinguir entre residuos peligrosos y no peligrosos cuando corresponda. Para agua, la base operativa está en captación o extracción (m<sup>3</sup>), descarga (m<sup>3</sup>), consumo (m<sup>3</sup>) y, cuando exista recirculación, agua reutilizada o reciclada (%) o m<sup>3</sup>. Estas métricas son más útiles cuando se acompañan de una razón de intensidad, por ejemplo m<sup>3</sup> por unidad producida, porque permiten diferenciar entre aumento de actividad y deterioro del desempeño ambiental (Massari y Giannoccaro, 2023; Molnár et al., 2025).

El desempeño institucional no debería medirse solo por resultados físicos, sino también por la calidad del sistema que los respalda. ISO 14031 distingue entre indicadores de desempeño operacional y de gestión, lo que permite incorporar variables como porcentaje de datos con respaldo verificable, cumplimiento del programa de seguimiento ambiental (%), porcentaje de acciones correctivas cerradas, o frecuencia de revisión del inventario y de los indicadores clave. Si se añade una dimensión de auditoría, ISO 19011 aporta el marco para revisar principios, programa y ejecución de auditorías internas o externas (Vasović et al., 2025; Xu et al., 2024).


### **3.3.2. Auditoría ambiental y rendición de cuentas**

La auditoría ambiental cumple una función técnica de control y seguimiento dentro del sistema de gestión: verifica si los procedimientos existen, si se aplican de forma consistente, si los datos ambientales son trazables y si las desviaciones

se corrigen con oportunidad. En ese sentido, no se limita a revisar cumplimiento documental, sino que examina evidencia, criterios, registros, hallazgos, no conformidades y acciones correctivas. ISO 19011 la define como parte del enfoque de auditoría de sistemas de gestión y establece directrices sobre principios de auditoría, gestión del programa, ejecución de auditorías y competencia de los auditores. Complementariamente, ISO 14001 sitúa la auditoría interna dentro del ciclo de evaluación del desempeño ambiental, junto con el monitoreo, la medición, el análisis, la evaluación y la mejora continua.

Desde la perspectiva de la rendición de cuentas, la auditoría aporta valor cuando mejora la transparencia del desempeño ambiental reportado, no cuando multiplica formularios o controles sin capacidad analítica. Por eso, el seguimiento debe conectar los resultados de auditoría con indicadores verificables, responsables definidos, plazos de corrección y revisión de la eficacia de las medidas implementadas. En paralelo, los GRI Standards sostienen que el reporte de sostenibilidad debe permitir comprender los impactos de la organización de manera comparable y creíble, lo que refuerza la necesidad de que la información divulgada tenga respaldo metodológico y consistencia interna. Así, la rendición de cuentas técnica no depende solo de publicar datos, sino de demostrar que esos datos pueden ser revisados, explicados y mejorados sobre una base objetiva.

En términos operativos, una auditoría útil fortalece la mejora continua cuando convierte los hallazgos en decisiones de gestión: ajuste de controles, depuración de registros, revisión de indicadores, mejora de procesos y cierre efectivo de no conformidades. Ese enfoque evita dos errores frecuentes: entender la auditoría como ejercicio punitivo o reducir la rendición de cuentas a un texto declarativo. En un capítulo técnico, conviene mantenerla en su lugar preciso: como herramienta de aseguramiento y aprendizaje organizacional que ayuda a sostener la calidad del seguimiento ambiental, elevar la confiabilidad de la información y respaldar decisiones de desempeño con evidencia verificable.



**Capítulo IV: Adaptación y resiliencia territorial**

## Adaptación y resiliencia territorial

### 4.1. Adaptación climática y gestión local del riesgo

La adaptación climática, entendida desde la gestión local del riesgo, no debe iniciar cuando el daño ya ocurrió, sino antes, en la etapa de planificación. Su punto de partida es reconocer amenazas, exposición, vulnerabilidad y capacidades del territorio para evitar que un evento climático termine convirtiéndose en desastre. En esa línea, la UNDRR define la gestión del riesgo como la aplicación de políticas y estrategias para prevenir nuevo riesgo, reducir el existente y manejar el residual, y subraya que, a nivel comunitario, las evaluaciones locales deben incorporar tanto amenazas como vulnerabilidades y capacidades (UNDRR, 2007). La urgencia de hacerlo con más método es evidente: el UNEP Adaptación Gap Report 2025 estima que las necesidades de financiamiento para adaptación en países en desarrollo ascienden a US\$310 mil millones anuales en 2035, o hasta US\$365 mil millones si se extrapolan las necesidades expresadas en NAP y NDC, mientras que los flujos públicos internacionales de financiamiento para adaptación fueron de solo US\$26 mil millones en 2023 (United Nations Environment Programme, 2025).

A escala local, la adaptación planificada exige pasar del diagnóstico general a decisiones concretas. No todo riesgo puede atenderse al mismo tiempo, por lo que la priorización debe considerar urgencia, potencial de reducción del riesgo, factibilidad, costo, beneficios y compensaciones ambientales o económicas, escalabilidad, alineación con planes nacionales, sectoriales y locales, además de la combinación entre conocimiento científico, tradicional e indígena cuando resulte pertinente. Este criterio evita inversiones dispersas y permite concentrar recursos en medidas que protejan población, infraestructura crítica, agua, medios de vida y servicios esenciales. Aunque el proceso ha avanzado, la brecha de implementación sigue abierta: hasta el 30 de septiembre de 2025, 144 países habían iniciado el proceso de Planes Nacionales de Adaptación y 67 países en desarrollo habían presentado sus NAP; sin embargo, el seguimiento oficial advierte que muchas acciones siguen ejecutándose proyecto por proyecto y todavía existe poca evidencia de reducción de vulnerabilidad a escala (Mizuno y Okano, 2024).

Las medidas estructurales cumplen una función central cuando el territorio ya presenta exposición alta o infraestructura frágil. Aquí entran el reforzamiento de infraestructura crítica, los sistemas de agua resistentes al clima, la adecuación física de equipamientos esenciales, la protección de activos expuestos y, cuando el riesgo lo exige, la reubicación planificada. Desde la lógica de la UNDRR, estas acciones pueden ser prospectivas si evitan la creación de nuevo riesgo —por ejemplo, mediante mejor ordenamiento del suelo o sistemas de abastecimiento resistentes—, o correctivas si reducen riesgos ya instalados, como ocurre con el retrofitting de infraestructura o la reducción de exposición en zonas críticas (UNDRR, 2007). Su eficacia aumenta cuando se integran al ordenamiento territorial, a la inversión pública local y a los planes sectoriales, en lugar de ejecutarse como obras aisladas.

Las medidas no estructurales suelen ser menos visibles, pero son decisivas para sostener la resiliencia. Incluyen ordenamiento del uso del suelo, sistemas de alerta temprana, protocolos de preparación y respuesta, educación comunitaria, monitoreo local, catastro de riesgos, comunicación pública y mecanismos de coordinación entre instituciones y comunidades. La UNDRR recuerda que la capacidad no se limita a recursos materiales: también abarca instituciones, conocimiento, habilidades, relaciones sociales, liderazgo y gestión. Por eso, fortalecer capacidades locales significa formar equipos técnicos, asegurar datos territoriales, incorporar saberes locales, mantener coordinación interinstitucional y dejar instalada una cultura preventiva. El rezago no es menor: 116 países reportan estrategias locales de reducción del riesgo, y en esos casos el promedio de gobiernos locales cubiertos alcanza 72%, lo que muestra avances, pero también revela que la institucionalización local todavía es incompleta (UNDRR, 2022).

La gestión local del riesgo gana consistencia cuando se organiza como una secuencia operativa continua: diagnóstico, estimación del riesgo, priorización, acción y monitoreo. Esa ruta permite que la adaptación deje de ser una lista de intenciones y se convierta en cartera de decisiones con responsables, financiamiento, plazos e indicadores. Las directrices técnicas de la UNFCCC señalan que el NAP debe incluir actividades y planes en todos los niveles y escalas pertinentes, además de alinearse con NDC, comunicaciones de

adaptación y otros instrumentos nacionales; llevado al plano territorial, esto implica conectar los objetivos climáticos con presupuestos, planificación subnacional y seguimiento local (Stephenson et al., 2021). La experiencia internacional muestra que esta conexión es viable: el mecanismo Local había involucrado, hasta diciembre de 2023, a 372 gobiernos locales en 20 países, cubriendo a más de 18,04 millones de personas y movilizándolo US\$175,5 millones entre 2019 y 2023 para iniciativas de adaptación lideradas localmente (UNFCCC, 2025). La lección es clara: la resiliencia territorial mejora cuando la planificación nacional orienta, pero la acción se diseña, financia y monitorea desde el territorio.

**Figura 9.**

*Secuencia de adaptación climática y riesgo*



#### 4.1.1. Adaptación basada en planificación

La adaptación basada en planificación parte de una idea simple: no basta con reconocer que el clima cambia, hace falta ordenar decisiones antes de que las pérdidas escalen. Por eso, la priorización no debe hacerse por intuición ni por presión coyuntural, sino según vulnerabilidades, riesgos, necesidades de desarrollo, factibilidad de ejecución y articulación con planes ya existentes. Las directrices técnicas de la UNFCCC para los Planes Nacionales de Adaptación señalan precisamente que la priorización debe ayudar a seleccionar medidas viables y de alta relevancia dentro de un contexto de demandas competitivas, mientras que el progreso reciente de los NAP muestra que los países están usando criterios como urgencia, costo, potencial de reducción del riesgo, beneficios ambientales y económicos, escalabilidad, además de la incorporación

de conocimiento científico y tradicional cuando corresponde (Woodruff y Regan, 2019).

Esa priorización solo funciona cuando existe gobernanza clara. En adaptación, gobernanza significa definir responsables, coordinar niveles nacional y subnacional, vincular sectores, alinear financiamiento y asegurar seguimiento. La UNFCCC insiste en que la implementación requiere estrategias de largo plazo con tiempos, autoridades responsables, áreas objetivo y secuencia de acciones, de modo que la adaptación no quede fragmentada en proyectos dispersos. Este punto es decisivo porque la brecha sigue siendo amplia: el UNEP Adaptación Gap Report 2025 estima que las necesidades de financiamiento para adaptación en países en desarrollo alcanzan alrededor de US\$310 mil millones anuales en 2035, o hasta US\$365 mil millones si se extrapolan las necesidades expresadas en NAP y NDC, frente a flujos públicos internacionales de solo US\$26 mil millones en 2023 (UNFCCC, 2025). En otras palabras, la planificación no puede limitarse a diagnosticar; debe traducir prioridades en gobernanza operativa y en rutas realistas de inversión.

La implementación, por tanto, debe entenderse como la fase donde la adaptación adquiere forma territorial concreta. No se trata de abrir esquemas complejos sin respaldo empírico, sino de organizar medidas ejecutables, con metas verificables, responsables definidos y monitoreo continuo. Los informes de la UNFCCC muestran que los NAP más consistentes avanzan cuando integran enfoques de apropiación nacional, inclusión, transparencia y coordinación interinstitucional, mientras que UNEP advierte que, aunque la planificación y la acción han mejorado, el ritmo sigue siendo insuficiente para cerrar la brecha entre necesidad y respuesta. Desde una perspectiva preventiva, esto obliga a concentrarse en intervenciones priorizadas, gobernadas con claridad y sostenidas en el tiempo, porque la resiliencia no se decreta: se construye con planificación, implementación y seguimiento.

#### **4.1.2. Gestión del riesgo y resiliencia comunitaria**

La gestión del riesgo, en clave comunitaria, exige que la respuesta local no se improvise cuando el evento ya está en curso. Debe construirse antes, a partir del conocimiento del territorio, de la organización social y de acuerdos claros sobre

quién alerta, quién coordina, cómo se evacúa, qué recursos están disponibles y cómo se protege a la población más expuesta. En la terminología de la UNDRR, la preparación se sustenta en un análisis sólido del riesgo y en una buena articulación con los sistemas de alerta temprana; por eso incluye planificación de contingencias, coordinación, información pública, entrenamiento y ejercicios de campo, todos respaldados por capacidades institucionales, legales y presupuestarias. Desde esta perspectiva, la respuesta local eficaz no depende solo de reaccionar rápido, sino de haber preparado con anticipación procedimientos comprensibles, practicables y socialmente apropiados.

La resiliencia comunitaria, por tanto, no debe reducirse a la idea simplista de “aguantar” o “resistir”. La UNDRR la define como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a amenazas para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de manera oportuna y eficiente, preservando y restableciendo sus funciones esenciales mediante la gestión del riesgo (UNDRR, 2017a). Esto significa que una comunidad resiliente no es aquella que soporta pasivamente el impacto, sino la que aprende, se reorganiza, corrige vulnerabilidades y mejora su capacidad de actuación después de cada experiencia. En esa lógica, la reducción del riesgo no solo protege vidas y bienes en el corto plazo, sino que fortalece la continuidad de servicios, vínculos comunitarios y decisiones colectivas más seguras para el futuro.

Ese fortalecimiento depende del aprendizaje social. La experiencia acumulada, la memoria del territorio, los saberes locales e indígenas, además del intercambio entre comunidad, autoridades y actores técnicos, permiten que la preparación sea más realista y que las alertas se conviertan en acción efectiva. La propia UNDRR ha advertido que la reducción comunitaria del riesgo no siempre incorpora de forma suficiente el conocimiento local, aun cuando este surge de la experiencia vivida frente a amenazas recurrentes; del mismo modo, sus análisis recientes sobre sistemas de alerta temprana destacan que las advertencias solo funcionan si son recibidas, comprendidas, confiables y traducidas en respuesta por las personas en riesgo (Sakic-Trogrlic et al., 2022). En consecuencia, la resiliencia comunitaria se construye cuando la preparación deja capacidad instalada, cuando cada evento genera aprendizaje compartido y cuando ese aprendizaje modifica prácticas, organización y decisiones locales.

## 4.2. Soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas

Las soluciones basadas en la naturaleza y la adaptación basada en ecosistemas parten de una premisa cada vez mejor respaldada: un territorio se adapta mejor cuando conserva, restaura y gestiona de forma inteligente los sistemas ecológicos que sostienen su estabilidad. El IPCC reconoce que los ecosistemas en buen estado pueden amortiguar amenazas climáticas a múltiples escalas y define las NbS como acciones orientadas a proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados para responder a desafíos sociales, generando al mismo tiempo beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (IPCC, 2022c). En esa lógica, la adaptación no se limita a contener impactos; también reorganiza la relación entre clima, paisaje y desarrollo territorial, de modo que la protección ambiental deje de verse como un costo aislado y pase a entenderse como parte de la infraestructura funcional del territorio.

La restauración ecológica ocupa aquí un lugar central, recuperar cobertura vegetal, restaurar humedales degradados, rehabilitar manglares o recomponer franjas ribereñas no solo mejora el estado de los ecosistemas, sino que fortalece procesos que son decisivos para la adaptación, como la regulación hídrica, la estabilización de suelos, la moderación térmica, el almacenamiento de carbono y la provisión de hábitat. La evidencia reciente insiste, además, en que la restauración funciona mejor cuando no se piensa como intervención aislada, sino como parte de sistemas adaptativos más amplios, capaces de sostener diversidad, participación y ajuste a condiciones cambiantes. Por eso, la conectividad ecológica resulta estratégica: mantener o restaurar corredores y paisajes conectados facilita el movimiento de especies, la persistencia de funciones ecológicas y la respuesta de los ecosistemas frente a un clima en transformación.

En el caso de las cuencas, la adaptación basada en ecosistemas ofrece una de las rutas más claras de articulación entre ambiente y seguridad territorial. El IPCC señala que los pastizales y bosques ribereños, así como las cuencas forestadas, pueden mejorar la protección frente a inundaciones y sequías,

mientras que la infraestructura verde sobre cuencas principales amplía beneficios a escala urbana y regional (IPCC, 2022e). Esta afirmación no es menor: el propio IPCC reporta que un estudio en 70 ciudades de América Latina estimó que 96 millones de personas se beneficiarían del mejoramiento de cuencas principales mediante infraestructura verde. Visto desde la gestión territorial, ello implica que la cobertura vegetal y la conectividad hidrológica no solo importan por razones ecológicas, sino porque sostienen abastecimiento de agua, reducen escorrentía, mejoran infiltración y ayudan a disminuir la exposición acumulada de asentamientos, sistemas productivos e infraestructura crítica (Dwivedi et al., 2025).

Los manglares y humedales representan, en este marco, ecosistemas de alto valor adaptativo. El IPCC destaca que los humedales y los manglares en áreas costeras pueden reducir marejadas y otros impactos asociados a eventos extremos, además de aportar co-beneficios ambientales y de mitigación (Lee et al., 2023). La literatura reciente refuerza esta conclusión: los manglares siguen siendo implementados como NbS para protección costera, secuestro de carbono y otros beneficios ecosistémicos, mientras que las revisiones recientes sobre humedales muestran que su restauración mejora servicios ecosistémicos y se asocia también con ganancias sociales y económicas (Lovelock et al., 2024). No se trata, entonces, de elegir entre conservar o adaptarse; en muchos territorios costeros y ribereños, conservar y restaurar es precisamente una forma rigurosa de adaptarse.

El valor más sólido de estas soluciones está en sus co-beneficios. Bien diseñadas, pueden reducir riesgo climático, mejorar biodiversidad, reforzar seguridad hídrica, sostener medios de vida, aportar captura de carbono y elevar la calidad paisajística y social del territorio. El IPCC ha subrayado que las respuestas de adaptación pueden generar beneficios simultáneos para ecosistemas, grupos vulnerables y metas de desarrollo sostenible; de forma convergente, estudios recientes muestran que los co-beneficios de diversas NbS pueden incluso superar sus costos cuando se evalúan de manera integrada. Esa convergencia entre protección ecológica, utilidad climática y beneficio territorial vuelve a estas estrategias especialmente valiosas: no prometen soluciones

milagrosas, pero sí abren una vía científica, esperanzadora y territorialmente inteligente para adaptar paisajes más vivos, más conectados y más seguros.

**Figura 10.**

*Soluciones Basadas en la Naturaleza*



#### 4.2.1. Restauración ecológica y paisaje resiliente

La restauración ecológica y la regeneración deben entenderse como estrategias adaptativas cuando buscan recuperar funciones del paisaje que reducen vulnerabilidades climáticas y sostienen bienestar territorial. No se trata solo de “volver a plantar”, sino de restablecer cobertura, estructura, diversidad, conectividad y procesos ecológicos capaces de regular agua, estabilizar suelos, moderar temperaturas, reducir erosión y sostener biodiversidad en contextos de cambio climático. El IPCC ha insistido en que proteger y restaurar ecosistemas es un componente clave para aumentar la resiliencia climática de personas y naturaleza, pero también advierte que la inversión en naturaleza, por sí sola, no basta si no se articula con decisiones sobre uso del suelo, infraestructura y planificación territorial (IPCC, 2022b).

Desde esa perspectiva, la regeneración natural puede ser una vía muy valiosa allí donde el paisaje conserva memoria ecológica, fuentes de semillas, suelos funcionales y presión antrópica manejable; sin embargo, no siempre es suficiente

por sí misma. La evidencia reciente muestra que el éxito de la restauración depende de fortalecer la capacidad adaptativa del sistema, es decir, sus habilidades, mecanismos, estrategias e instituciones para responder a cambios climáticos, sobreexplotación y otras presiones concurrentes. Además, si la restauración no incorpora el clima futuro en su diseño, las especies introducidas pueden no ajustarse a los nuevos rangos de temperatura, precipitación o eventos extremos, comprometiendo la persistencia de la intervención. En otras palabras, un paisaje resiliente no emerge de una plantación aislada, sino de una restauración pensada para durar, ajustarse y aprender.

Por eso, no toda reforestación debe presentarse como solución suficiente. La literatura reciente sobre regeneración amazónica muestra que evaluar la recuperación exige mirar, al mismo tiempo, estructura, diversidad y funcionamiento del ecosistema, porque puede haber crecimiento arbóreo aceptable pero baja diversidad nativa o limitaciones en la llegada de nuevas especies. En esos casos, la restauración requiere medidas complementarias, como enriquecimiento, manejo del mosaico del paisaje y mejora de conectividad, para que la recuperación no sea solo visual, sino ecológicamente robusta. Así, restaurar y regenerar aportan a la adaptación cuando reconstruyen integridad ecológica y funcionalidad territorial; cuando se reducen a cubrir terreno con árboles, su efecto puede ser parcial, frágil o insuficiente frente a riesgos climáticos complejos.

#### **4.2.2. Biodiversidad y conectividad ecológica**

La biodiversidad cumple una función adaptativa que va más allá del valor de conservación en sentido estricto: contribuye a sostener la estabilidad ecológica del paisaje frente a perturbaciones cada vez más frecuentes e intensas. El IPCC advierte que el cambio climático ya está alterando la biodiversidad, la estructura de los ecosistemas y su resiliencia en la mayoría de las regiones, y también señala que aumentar la extensión del hábitat natural, reducir la fragmentación, reforzar la conectividad y mantener la diversidad taxonómica, filogenética y funcional son medidas clave para fortalecer la resiliencia de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos (Solecki et al., 2024). En la misma dirección, evidencia reciente a escala hemisférica mostró que las regiones con mayor

diversidad vegetal presentan menor sensibilidad a la variabilidad térmica, lo que sugiere que los paisajes más diversos tienden a conservar funciones ecológicas más estables en contextos de cambio climático.

Dentro de ese marco, los corredores ecológicos son importantes porque aumentan la permeabilidad del paisaje y facilitan desplazamientos, recolonización y continuidad funcional entre parches de hábitat. El IPCC señala de forma explícita que restaurar la conectividad mediante corredores ayuda a conservar la biodiversidad al permitir la migración natural hacia áreas con condiciones climáticas más adecuadas (IPCC, 2022f). Estudios recientes en Centroamérica refuerzan esta idea al mostrar que los corredores de adaptación climática pueden vincular áreas protegidas de tierras bajas con bosques de mayor altitud que funcionan como espacios de persistencia climática, aunque también advierten que muchos de estos corredores siguen fragmentados o insuficientemente protegidos (McCullough et al., 2024). Por eso, la conectividad no debe entenderse solo como una línea en un mapa, sino como una condición territorial que necesita conservación, restauración, coordinación entre escalas y seguimiento.

Los refugios climáticos complementan esta lógica porque ofrecen condiciones relativamente amortiguadas donde algunas especies y funciones ecológicas pueden persistir mientras el entorno circundante se vuelve menos favorable. La literatura reciente los describe como una herramienta crítica para reducir pérdidas de biodiversidad, siempre que se los identifique, proteja y gestione de manera activa frente a presiones concurrentes. En términos territoriales, esto significa que la estabilidad ecológica no depende de un solo parche conservado, sino de una red de áreas conectadas, heterogéneas y suficientemente íntegras para sostener procesos ecológicos, amortiguar impactos y favorecer recuperación después de eventos extremos.

### **4.3. Resiliencia de los sistemas alimentarios y medios de vida**

La resiliencia de los sistemas alimentarios no puede analizarse solo desde la producción; debe leerse también desde el acceso, la distribución, el empleo rural y la capacidad institucional para sostener el abastecimiento cuando el clima altera cosechas, ingresos o logística. La dimensión del problema sigue siendo

severa: la FAO y los organismos coautores del SOFI 2025 estiman que en 2024 alrededor de 673 millones de personas padecieron hambre y cerca de 2,3 mil millones experimentaron inseguridad alimentaria moderada o grave (FAO, 2025a). En paralelo, un informe FAO-PNUD de 2026 muestra que el 97 % de los países en desarrollo con Planes Nacionales de Adaptación reportan impactos climáticos sobre los sistemas agroalimentarios y sus efectos en cascada sobre la seguridad alimentaria y la nutrición. Esto obliga a mirar el territorio como espacio donde convergen riesgo climático, medios de vida y capacidad pública de respuesta (Raison et al., 2025).

En ese marco, la producción resiliente no consiste únicamente en elevar rendimientos, sino en reducir vulnerabilidades concretas de las familias productoras. Eso incluye diversificación, manejo de suelo y agua, acceso a información agroclimática, ajuste de calendarios, almacenamiento, reducción de riesgos y uso más cuidadoso de los activos naturales de los que depende la producción. Un estudio reciente en Guatemala, Honduras y Colombia, basado en 267 hogares, encontró que los productores que adoptaban prácticas de agricultura climáticamente inteligente presentaban menor vulnerabilidad basada en capitales que los no adoptantes, con mejoras especialmente visibles en capital social, humano y natural (Martínez-Barón et al., 2024). El hallazgo es relevante porque muestra que la seguridad alimentaria territorial depende tanto de la parcela como de las capacidades que rodean la producción: organización, conocimiento, recursos, redes y decisión local.

Las cadenas cortas de comercialización también cumplen una función estratégica cuando se piensa en resiliencia alimentaria con base territorial. La literatura reciente subraya que, al reducir intermediarios, estas cadenas fortalecen vínculos directos entre productores y consumidores, apoyan economías locales y aumentan capacidades adaptativas en los sistemas agroalimentarios. Sin embargo, su aporte no debe idealizarse: funcionan mejor cuando están acompañadas por redes locales de distribución, mercados de proximidad, compras públicas, infraestructura de acopio y reglas claras para sostener continuidad del abastecimiento. La evidencia comparada de Perú, Alemania y Estados Unidos muestra, además, que la resiliencia de los sistemas alimentarios locales no depende solo del entorno, sino de las capacidades de

respuesta de los agricultores; por ello, los autores recomiendan políticas más proactivas para promover producción agroecológica, abastecimiento localizado y fortalecimiento de canales de distribución de corta distancia (Sciortino et al., 2025).

Las capacidades locales y la gestión institucional son, por tanto, el puente entre adaptación productiva y seguridad alimentaria real. El *State of Food and Agriculture 2024* insiste en que la transformación de los sistemas agroalimentarios requiere intervenciones orientadas por contexto, incluyendo casos de escala local y de cadenas de valor, y subraya que las consultas inclusivas entre actores son cruciales para informar decisiones y reconciliar desequilibrios de poder y compensaciones (FAO, 2024a). En la misma línea, un análisis reciente en *Nature Food* muestra que gobernanza y resiliencia son los puntos de entrada más conectados con el resto de dimensiones del sistema alimentario, y reporta que 70 países han informado esfuerzos para fortalecer la gobernanza de los sistemas alimentarios desde 2021 (Schneider et al., 2025). En la práctica territorial, esto significa que la resiliencia no se construye solo con tecnología productiva, sino con extensión, financiamiento, alerta temprana, coordinación entre niveles de gobierno, apoyo a organizaciones locales y reglas que permitan actuar antes de que la perturbación se convierta en crisis.

Por último, proteger los medios de vida exige reconocer que no todos los impactos climáticos se expresan igual. Una sequía prolongada afecta de manera distinta a la agricultura familiar de secano, a la pesca artesanal, al comercio local de alimentos o al empleo rural vinculado al procesamiento y transporte. Por eso, la resiliencia útil para la gestión pública debe poder leerse a escala fina. Una revisión sistemática publicada en 2024 advierte justamente la necesidad de marcos más comprensivos y métricas que funcionen en escalas más granulares para evaluar resiliencia de sistemas alimentarios y orientar mejores decisiones (Kc et al., 2024). Desde una perspectiva territorial, esa observación es clave: sin diagnóstico localizado, la adaptación corre el riesgo de ser genérica; con información situada, puede transformarse en respuesta diferenciada para proteger abastecimiento, ingresos y continuidad de los medios de vida.

**Tabla 5.**

*Resiliencia de medios de vida y respuesta adaptativa territorial*

<b>Medio de vida</b>	<b>Amenaza climática</b>	<b>Afectación principal</b>	<b>Respuesta adaptativa</b>	<b>Actor responsable</b>
Agricultura familiar de secano	Sequía prolongada y lluvias erráticas	Pérdida de rendimiento, reducción de ingresos, menor disponibilidad local de alimentos	Diversificación productiva, manejo de humedad del suelo, acceso a información climática, reservorios y semillas adaptadas	Productores, gobierno local, extensión agropecuaria, autoridad hídrica
Ganadería de pequeña y mediana escala	Olas de calor y déficit hídrico	Estrés animal, baja productividad, aumento de costos de alimentación y agua	Manejo de sombra y agua, ajuste de carga animal, bancos forrajeros, seguros o fondos de contingencia	Productores, asociaciones, municipio, servicios veterinarios/agropecuarios
Pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala	Variabilidad térmica, tormentas, alteración de estuarios y humedales	Disminución de captura, riesgo operativo, pérdida de ingreso diario	Monitoreo local, diversificación de ingreso, restauración de ecosistemas costeros, mejora de almacenamiento y comercialización	Organizaciones de pescadores, autoridad ambiental, gobierno local, entidad pesquera
Comercio y abastecimiento	Inundaciones, interrupción	Desabastecimiento temporal, alza de precios,	Redes cortas de suministro, centros de	Municipio, comerciantes, asociaciones



Lima et al., 2024). En los sistemas acuícolas, la adaptación productiva exige una lógica semejante: gestionar mejor el agua, reducir exposición a temperaturas extremas, mejorar bioseguridad y ajustar tecnologías al contexto local.

La FAO subraya que la acuicultura ya aporta más del 57 % de los alimentos acuáticos de origen animal destinados al consumo humano, de modo que su resiliencia dejó de ser un asunto sectorial menor para convertirse en un componente de la seguridad alimentaria. Precisamente por eso, la organización ha insistido en integrar prácticas sostenibles, innovación tecnológica, fortalecimiento de capacidades y participación comunitaria, además de incorporar pesca y acuicultura en los instrumentos nacionales de adaptación climática (FAO, 2025c). La evidencia reciente sobre climate-smart aquaculture refuerza esta dirección: el manejo optimizado del agua, los sistemas integrados, la mejora genética, la energía renovable y la coordinación intersectorial aparecen como rutas viables para sostener productividad sin aumentar presión ambiental.

El punto de encuentro entre producción amazónica y acuicultura está en las capacidades locales y en la transferencia tecnológica útil, no meramente declarativa. Transferir tecnología, en estos territorios, significa traducir conocimiento técnico en prácticas aplicables: monitoreo hídrico, alertas tempranas, manejo de viveros y estanques, asistencia para diversificación, mejoramiento de infraestructura y formación continua para productores y organizaciones. La FAO ha sido explícita al señalar que la acuicultura sostenible requiere políticas focalizadas, transferencia tecnológica, fortalecimiento de capacidades e inversión responsable; de forma convergente, la experiencia participativa en la Amazonía ecuatoriana muestra que la adaptación mejora cuando los productores participan en la evaluación de vulnerabilidad y en el diseño de alternativas (FAO, 2025c). En otras palabras, la resiliencia de estos sistemas no depende solo de incorporar nuevas técnicas, sino de construir capacidades para decidir, ajustar y sostener esas técnicas dentro de realidades territoriales cambiantes.

#### **4.3.2. Gestión pública local y soporte institucional**


La gestión pública local se vuelve decisiva cuando la adaptación deja de ser un diagnóstico general y pasa a convertirse en acción territorial. En ese punto, los

programas públicos necesitan traducir prioridades climáticas en asistencia concreta: extensión productiva, manejo de agua, información agroclimática, fortalecimiento organizativo, seguimiento de resultados y apoyo a proyectos que puedan ejecutarse desde municipios, gobiernos intermedios y servicios sectoriales. Las directrices técnicas más recientes de la UNFCCC para los Planes Nacionales de Adaptación insisten, precisamente, en definir estrategias de implementación con responsabilidades asignadas, incorporar actores subnacionales y locales en el diseño de acciones, e integrar las prioridades de adaptación en planes nacionales, sectoriales, subnacionales y locales (UNFCCC, 2025). Además, esas mismas directrices subrayan la necesidad de fortalecer arreglos institucionales y marcos regulatorios, así como de acceder a soporte técnico para sostener el proceso en el tiempo.

La asistencia técnica solo produce efectos duraderos cuando está articulada con una gobernanza clara. No basta con ofrecer capacitación aislada o entregar insumos metodológicos; hace falta coordinación entre agricultura, ambiente, agua, desarrollo social, gestión del riesgo y gobiernos locales para evitar duplicidades y cerrar vacíos de implementación. El análisis conjunto FAO–PNUD sobre sistemas agroalimentarios en los NAP muestra que más del 90 % de los países con NAP identifican actores para la implementación, pero la definición de responsabilidades sigue siendo desigual y todavía hay margen para precisar mejor el papel de los gobiernos locales, la investigación, la sociedad civil y otros actores en cada acción concreta (Stephenson et al., 2021). Ese hallazgo es importante porque confirma que la resiliencia territorial no depende solo de tener planes, sino de contar con instituciones capaces de coordinar, acompañar y sostener la ejecución en escala local.

En América Latina y el Caribe ya existen referencias útiles de esa articulación. La FAO informa que, desde 2021, nueve agencias de las Naciones Unidas establecieron un centro de coordinación regional para brindar apoyo técnico a los países en el desarrollo e implementación de sus rutas nacionales de transformación de sistemas alimentarios, y que actualmente acompaña la implementación de esas rutas en siete países de la región, entre ellos Ecuador (FAO, 2024b). Según el mismo organismo, ese apoyo ha incluido implementación de políticas públicas, movilización de recursos, iniciativas de

seguridad alimentaria y nutricional, proyectos de resiliencia climática, fortalecimiento de la agricultura familiar y mercados urbanos. Leído desde la gestión pública local, el mensaje es claro: los programas funcionan mejor cuando el soporte institucional no llega fragmentado, sino como una red de asistencia técnica, financiamiento, coordinación interinstitucional y acompañamiento territorial continuo.



**Capítulo V: Gobernanza, financiamiento, evaluación y capacidades para la acción climática**

## **Gobernanza, financiamiento, evaluación y capacidades para la acción climática**

### **5.1. Gobernanza climática multinivel y territorialización de políticas**

La gobernanza climática multinivel parte de una idea sencilla, aunque exigente en la práctica: la acción climática no se implementa de manera efectiva cuando queda confinada al nivel central del Estado. La CMNUCC y el Acuerdo de París ubican a las NDC como eje de los compromisos nacionales, pero su cumplimiento depende de que esas metas bajen al territorio, dialoguen con la planificación pública, incorporen capacidades locales y mantengan una progresión periódica de ambición (RNCC, 2025; Siriwardana y Nong, 2021). Por eso, territorializar la política climática no significa fragmentarla, sino traducir sus metas internacionales en decisiones operativas que puedan ser asumidas por ministerios, gobiernos subnacionales, actores comunitarios y sectores productivos con responsabilidades diferenciadas, pero articuladas.

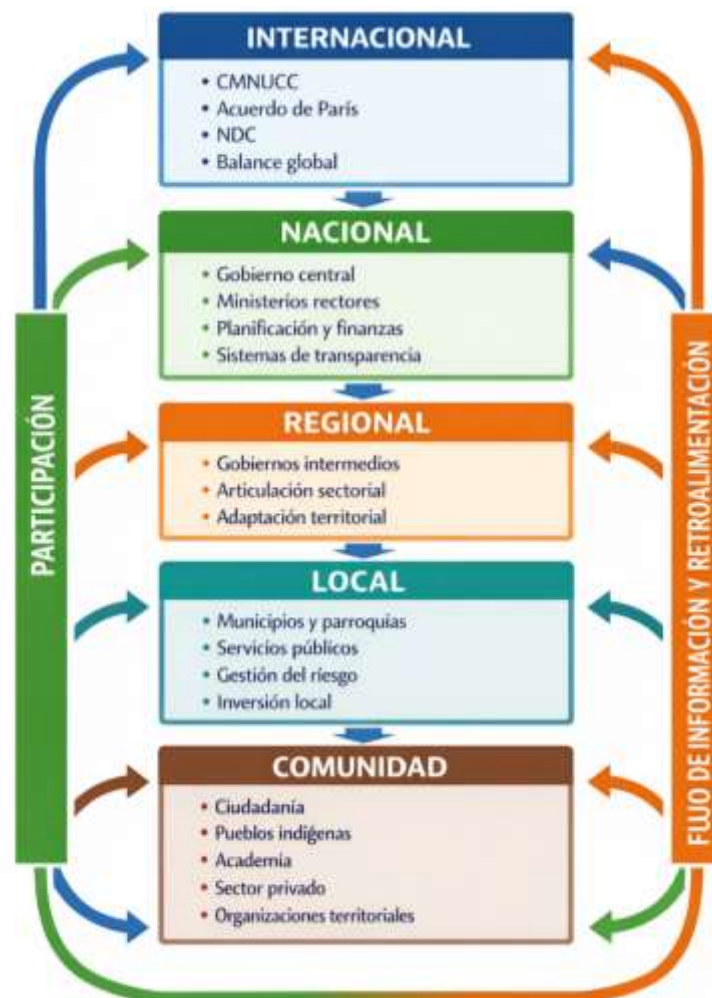
En el caso ecuatoriano, la Segunda NDC constituye el compromiso climático principal para el período 2026–2035 y amplía el alcance de la política climática al integrar mitigación, adaptación, pérdidas y daños, además de medios de implementación, su valor institucional no radica solo en la meta, sino en la forma en que exige coordinación; el propio marco reglamentario ecuatoriano establece que los instrumentos de gestión del cambio climático deben formularse en coordinación con los sectores priorizados y los diferentes niveles de gobierno, contando con participación ciudadana; a la vez, la Segunda NDC se vincula con medidas alineadas al Plan Nacional de Adaptación y con arreglos de transparencia climática que refuerzan la trazabilidad de la información para la gestión pública (RNCC, 2024). Ese diseño sugiere una gobernanza menos declarativa, más orientada a implementación, seguimiento y ajuste.

La experiencia reciente del Perú refuerza esa misma lógica desde un enfoque explícitamente multinivel. La NDC 3.0 fue presentada como resultado de un proceso técnico participativo, multiactor y multinivel, con talleres regionales, diálogo con pueblos indígenas, sociedad civil, academia y sector privado. Más

allá de la consulta, el documento peruano asocia la gobernanza climática con la articulación entre los tres niveles de gobierno, el uso de espacios institucionales ya existentes y la territorialización de la acción climática mediante estrategias regionales que respondan a realidades específicas (Van der Borght et al., 2022). Esto ofrece una lección útil para la región: una NDC gana viabilidad cuando la escala nacional conserva la conducción estratégica, pero reconoce que la implementación concreta ocurre en territorios con brechas, prioridades y capacidades distintas.

**Figura 11.**

*Gobernanza climática multiescalar y participación*



Desde una perspectiva de gestión, la coordinación Estado-territorio requiere al menos cuatro condiciones prácticas: reglas claras de articulación institucional, información confiable para decidir, mecanismos de participación con capacidad

real de incidencia y una conexión visible entre planificación, presupuesto e inversión pública. El Banco Mundial insiste en que la gobernanza climática efectiva depende de instituciones capaces de alinear actores estatales y no estatales, sostener compromisos en el tiempo y convertir la política climática en acción mediante planificación, presupuestación, inversión, compras públicas y sistemas intergubernamentales; además, en el plano local, subraya que la implementación sostenible mejora cuando existe flujo de información entre sectores y niveles de gobierno, junto con participación local inclusiva y aprovechamiento del conocimiento del territorio (World Bank, 2024a).

En consecuencia, la territorialización de políticas climáticas debe entenderse como una estrategia de coherencia y no solo de descentralización. Lo internacional fija el marco de ambición; lo nacional ordena metas, instrumentos y reporte; lo regional y local adaptan prioridades, ejecutan medidas y retroalimentan la política con evidencia del territorio; la comunidad aporta conocimiento situado, vigilancia social y legitimidad. Cuando esa cadena funciona, la agenda climática deja de ser una promesa sectorial y se convierte en una agenda pública compartida, alineada tanto con los compromisos ante la CMNUCC como con los instrumentos nacionales de adaptación, transparencia y desarrollo.

### **5.1.1. NDC, adaptación y planificación nacional**

Las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) constituyen el principal puente entre el compromiso climático internacional y la acción pública interna, porque en el marco de la CMNUCC y del Acuerdo de París no se limitan a expresar aspiraciones generales, sino que ordenan la forma en que cada país comunica, actualiza y sostiene sus esfuerzos de mitigación y adaptación (Machado y Bonilla-Bedoya, 2024). La propia CMNUCC señala que las NDC están en el centro del Acuerdo de París y que incorporan tanto reducción de emisiones como respuesta frente a los impactos del cambio climático; además, para el ciclo más reciente, las NDC 3.0 deben nutrirse de los resultados del primer balance global, lo que refuerza su vínculo con procesos nacionales de revisión, ajuste e implementación.

Desde la perspectiva de la adaptación, la planificación nacional cumple una función decisiva: convertir el compromiso climático en decisiones sectoriales, territoriales e institucionales que puedan ejecutarse de forma sostenida (Encarnación-Ordoñez y Costa-Cevallos, 2022). La CMNUCC ha destacado que los Planes Nacionales de Adaptación ayudan a identificar desafíos, brechas, prioridades y necesidades de recursos, por lo que su alineación con las NDC fortalece la coherencia entre estrategia climática, gestión pública e inversión (CMNUCC, 2020; Rodríguez-Cruz y Balda-Cruz, 2026). En esa lógica, la acción territorial no debe entenderse como una fase separada de la política nacional, sino como el espacio donde la adaptación se vuelve operativa mediante planificación del desarrollo, gestión del riesgo, ordenamiento territorial y coordinación entre niveles de gobierno.

En el caso ecuatoriano, esta relación entre compromiso nacional y despliegue territorial aparece de manera clara en el marco oficial reciente. La Segunda NDC del Ecuador se presenta como el instrumento central de acción climática del país y el reglamento ambiental vigente establece que el Plan Nacional de Adaptación tiene por objeto disminuir la vulnerabilidad y el riesgo climático mediante la integración de la adaptación en la planificación del desarrollo nacional, sectorial y local (República del Ecuador, 2025). En términos prácticos, esto significa que la planificación nacional fija orientación, prioridades e instrumentos, mientras que el territorio concreta medidas, identifica necesidades de implementación y devuelve información útil para mejorar la política climática.

### **5.1.2. Participación, capacidades y gobernanza local**

La gobernanza local de la acción climática adquiere solidez cuando deja de concebir a la comunidad como receptora pasiva de medidas diseñadas desde fuera y la incorpora como actor con conocimiento territorial, capacidad de priorización y legitimidad social. En esa escala convergen gobiernos locales, instituciones sectoriales desconcentradas, organizaciones comunitarias, academia, sector privado y grupos tradicionalmente subrepresentados, cada uno con funciones distintas pero complementarias. El PNUD subraya que la gobernanza local aporta valor precisamente porque permite identificar con mayor precisión los problemas climáticos que afectan a las comunidades, integrar

conocimiento local en la toma de decisiones y promover soluciones cocreadas entre autoridades, ciudadanía y otros actores del territorio (Pokolenko, 2023).

Desde esa perspectiva, la participación no debe reducirse a consulta puntual, sino traducirse en espacios de escucha, coordinación y corresponsabilidad durante el diseño, la ejecución y la revisión de las medidas. La evidencia sintetizada por la CMNUCC muestra que la gobernanza inclusiva y la acción coordinada fortalecen la resiliencia porque hacen que las medidas de adaptación sean más efectivas, equitativas y sostenibles a lo largo de todo el ciclo de política, desde la evaluación de riesgos hasta la implementación, el monitoreo, la evaluación y el aprendizaje (CMNUCC, 2020). En términos prácticos, esto implica que las instituciones locales no solo gestionen proyectos, sino que también faciliten la participación social, articulen actores y mantengan mecanismos de retroalimentación que permitan corregir desviaciones y ajustar prioridades conforme cambian las condiciones del territorio.

El seguimiento, por tanto, no es una fase secundaria, sino una capacidad estratégica de la gobernanza local. La OCDE señala que la gobernanza multinivel funciona mejor cuando favorece la planificación, la implementación y la medición del desempeño entre distintos niveles de gobierno; de forma complementaria, su trabajo sobre monitoreo, evaluación y aprendizaje destaca que los marcos de seguimiento climático deben ser adaptativos, útiles para la toma de decisiones y capaces de combinar criterios comparables con indicadores sensibles al contexto local. Aplicado al nivel territorial, esto sugiere una gobernanza que observe resultados, aprenda de la ejecución y convierta la información generada por instituciones y comunidades en mejoras continuas de la acción climática.

## **5.2. Financiamiento climático, auditoría y evaluación de sostenibilidad**

El financiamiento climático ya no puede tratarse como una bolsa indiferenciada de recursos, porque su eficacia depende de cómo se prioriza, dónde se asigna, qué resultados produce, además de qué riesgos evita. En América Latina y el Caribe, la brecha sigue siendo estructural: la CEPAL estimó que cumplir los compromisos de acción climática exige inversiones equivalentes a entre 3,7% y

4,9% del PIB regional por año hasta 2030, mientras que en 2020 el financiamiento climático representó apenas 0,5% del PIB regional (CEPAL, 2023, 2024b). Esa distancia obliga a ordenar portafolios de inversión con criterios explícitos de vulnerabilidad, exposición, factibilidad, co-beneficios y capacidad de ejecución territorial, porque no toda inversión verde produce el mismo efecto ni toda urgencia climática admite la misma demora.

Desde la óptica de la adaptación, el déficit financiero es todavía más claro. El PNUMA informó que los flujos públicos internacionales de financiamiento para adaptación hacia países en desarrollo subieron de USD 22 mil millones en 2021 a USD 28 mil millones en 2022, pero la brecha anual de financiamiento para adaptación sigue estimándose entre USD 187 mil millones y USD 359 mil millones. Esa diferencia no solo expresa insuficiencia de recursos; también revela un problema de priorización (United Nations Environment Programme, 2024a). Cuando el financiamiento llega tarde, fragmentado o sin criterio territorial, las inversiones tienden a ser reactivas, de corto alcance, con menor capacidad para reducir pérdidas futuras. Por eso, la evaluación de sostenibilidad debe mirar no solo cuánto se invierte, sino si el gasto financia resiliencia real, evita exposición adicional, mejora capacidades locales y mantiene resultados verificables en el tiempo.

En términos de gestión pública, el seguimiento debe descansar sobre trazabilidad financiera y trazabilidad de resultados. El Banco Mundial reporta que, desde el año fiscal 2021, todas sus operaciones con 20% o más de financiamiento climático incorporan al menos un indicador climático para monitorear avances, y que el cribado de riesgo climático y de desastres forma parte del diseño temprano de las operaciones para identificar riesgos físicos y ajustar medidas de resiliencia (World Bank, 2024c). Esa lógica es útil para los territorios: un instrumento financiero climáticamente sólido no debería aprobarse sin identificación de riesgo, criterio de elegibilidad, indicador de desempeño, mecanismo de verificación y punto de control para corrección. Sin ese circuito, el financiamiento puede ejecutarse contablemente sin demostrar reducción efectiva del riesgo o mejora de sostenibilidad.

La auditoría climática, por tanto, no se limita a revisar legalidad del gasto; también debe examinar integridad, consistencia metodológica y correspondencia entre desembolso, producto, resultado y beneficio territorial. En un informe reciente del Banco Mundial sobre integridad en finanzas climáticas se advierte que riesgos como fraude, colusión, conflictos de interés, soborno, lavado de dinero o desvío de flujos pueden erosionar la eficacia de los recursos destinados a la acción climática. Esto refuerza la necesidad de matrices de riesgo, evidencias de ejecución, criterios de adicionalidad, revisión ex post, además de esquemas de rendición de cuentas comprensibles para decisores, financiadores y comunidades. En paralelo, el componente innovador del perfil 6 aporta una exigencia complementaria: proyectos vinculados con circularidad, bioeconomía, tratamiento de residuos, reúso de agua o soluciones basadas en procesos deben demostrar desempeño técnico medible, no solo intención ambiental.

El costo de la inacción vuelve este tema imposible de postergar. El Banco Mundial estimó que fortalecer la resiliencia de infraestructura en países en desarrollo implicaría un costo adicional cercano al 3% de las necesidades totales de inversión, pero generaría un beneficio neto de USD 4,2 billones a lo largo de la vida útil de la nueva infraestructura, equivalente a aproximadamente USD 4 por cada USD 1 invertido en resiliencia (CEPAL, 2023; Hallegatte et al., 2019). La señal es nítida: financiar tarde suele ser más caro que prevenir a tiempo. En consecuencia, la rendición de cuentas climática debería concentrarse en una pregunta muy concreta: si el recurso movilizado está reduciendo vulnerabilidad, evitando pérdidas futuras y mejorando la capacidad adaptativa del territorio, o si solo está ampliando el volumen del gasto sin cambiar el perfil de riesgo.

**Tabla 6.**

*Instrumentos para financiamiento climático, seguimiento y evaluación de sostenibilidad*

<b>Instrumento</b>	<b>Finalidad principal</b>	<b>Escala territorial</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Riesgo principal</b>
Presupuesto público con etiquetado climático	Identificar y priorizar gasto climático dentro	Nacional, regional, local	Trazabilidad del gasto, alineación con objetivos climáticos,	Sobre clasificación de gasto como “climático” sin

	del presupuesto anual		ejecución presupuestaria	evidencia de impacto
Fondos internacionales de clima	Financiar adaptación, mitigación o resiliencia con recursos concesionales o no reembolsables	Nacional y subnacional	Elegibilidad, adicionalidad, resultados verificables, capacidad de implementación	Dependencia externa, baja absorción, fragmentación de proyectos
Bonos verdes o sostenibles	Movilizar capital para infraestructura o programas con desempeño ambiental verificable	Nacional, regional, urbano	Uso de fondos, marco de reporte, indicadores ambientales, verificación externa	Greenwashing, débil seguimiento postemisión
Finanzas combinadas (blended finance)	Reducir riesgo para atraer inversión privada hacia proyectos climáticos	Nacional y territorial	Apalancamiento, distribución de riesgos, viabilidad financiera y climática	Subsidio ineficiente, captura privada de beneficios, opacidad contractual
Seguros y mecanismos paramétricos	Proteger financieramente frente a eventos extremos y acelerar respuesta	Regional, local, comunitario	Tiempo de activación, cobertura, suficiencia del pago, utilidad para recuperación	Cobertura insuficiente, exclusión territorial, activadores mal calibrados
Fondos rotatorios o líneas de crédito verdes	Financiar medidas descentralizadas en municipios, empresas o comunidades	Local y productivo	Recuperación financiera, impacto climático, capacidad operativa del ejecutor	Mora, baja asistencia técnica, selección deficiente de beneficiarios

### 5.2.1. Costo de inacción y criterio de priorización

El costo de la inacción climática no se expresa solo en daños futuros más altos, sino también en decisiones públicas más caras, más tardías y menos eficaces. La CEPAL ha señalado que América Latina y el Caribe necesita invertir entre

3,7% y 4,9% del PIB regional por año hasta 2030 para cumplir sus compromisos climáticos, mientras que el financiamiento climático observado en 2020 fue apenas 0,5% del PIB regional; esa brecha muestra que postergar la acción no ahorra recursos, sino que amplía el volumen de inversión que deberá movilizarse después, en condiciones más adversas y con mayores pérdidas acumuladas (CEPAL, 2024c). Desde una lectura de gestión, esto justifica priorizar tempranamente medidas que reduzcan exposición, eviten daños recurrentes y fortalezcan resiliencia territorial antes de que el deterioro obligue a respuestas más costosas y reactivas.

El criterio de priorización, por tanto, debe favorecer intervenciones tempranas con capacidad demostrable para reducir pérdidas futuras, proteger infraestructura crítica y sostener servicios esenciales. El Banco Mundial estimó que incorporar resiliencia en infraestructura de países de ingreso bajo y medio añade, en promedio, cerca de 3% al costo de inversión, pero genera un beneficio neto de USD 4,2 billones a lo largo de la vida útil de la infraestructura nueva, equivalente a unos USD 4 de beneficio por cada USD 1 invertido (CEPAL, 2024c). La implicación es directa: cuando los recursos son limitados, conviene priorizar proyectos cuyo costo inicial sea razonable frente al volumen de pérdidas evitadas, especialmente allí donde el riesgo climático amenaza agua, transporte, energía, salud o conectividad territorial.

En términos prácticos, actuar temprano reduce pérdidas porque permite pasar de la reparación a la prevención. Bajo ese enfoque, la priorización no debería basarse solo en urgencia política o disponibilidad de fondos, sino en evidencia de riesgo, vulnerabilidad territorial, criticidad del sistema afectado, factibilidad de implementación y capacidad de evitar costos futuros que serían más difíciles de absorber si la intervención se difiere. Ese es el sentido económico y territorial del financiamiento climático bien orientado: invertir antes para perder menos después.

### **5.2.2. Auditoría, control y trazabilidad de acciones climáticas**

La auditoría de las acciones climáticas no debería limitarse a verificar si hubo ejecución financiera o cumplimiento formal de actividades; su valor real está en comprobar si las medidas adoptadas están produciendo resultados consistentes

con las metas climáticas declaradas. En esa línea, el marco reforzado de transparencia del Acuerdo de París establece que la transparencia para la acción debe ofrecer claridad y seguimiento del progreso hacia las NDC y las acciones de adaptación, con criterios de transparencia, exactitud, integridad, consistencia y comparabilidad. Esto vuelve imprescindible que cada intervención climática disponga de indicadores verificables, línea de base, fuente de evidencia y periodicidad de reporte, porque sin ese soporte la gestión pierde capacidad de control y también de aprendizaje.

Desde la gestión operativa, el control de resultados exige conectar metas, indicadores y decisiones de ajuste. El Banco Mundial reporta que, desde el año fiscal 2021, todas sus operaciones con 20% o más de financiamiento climático incorporan al menos un indicador climático para monitorear resultados, precisamente para medir productos u outcomes de intervenciones de mitigación o adaptación (Tang, 2025). A escala institucional, este enfoque es útil porque desplaza la atención desde el volumen del gasto hacia la evidencia de desempeño: qué cambió, cuánto avanzó la medida, qué riesgo se redujo y qué componente requiere corrección. La trazabilidad, por tanto, no es un anexo administrativo, sino el mecanismo que permite vincular recursos, ejecución, resultado observado y decisión correctiva.

La mejora continua entra en juego cuando el sistema de seguimiento no se cierra en el reporte, sino que retroalimenta el diseño de nuevas acciones. El enfoque común de los bancos multilaterales para medir resultados climáticos señala que los indicadores deben seguir refinándose con la experiencia de implementación, las lecciones aprendidas y el diálogo técnico, de modo que la medición sea cada vez más consistente y útil para la toma de decisiones. Al mismo tiempo, los reportes del Banco Mundial sobre integridad en finanzas climáticas advierten que la fragmentación, la falta de supervisión suficiente y las brechas de rendición de cuentas pueden traducirse en pérdidas financieras, greenwashing o incumplimiento de metas. Por eso, auditar acciones climáticas implica no solo revisar si se hizo algo, sino si lo ejecutado fue íntegro, trazable, medible y suficientemente robusto como para sostener una corrección continua de la política o del proyecto.

### 5.3. Educación, innovación y agenda territorial de implementación

La educación climática cumple una función más profunda que la simple sensibilización. En el marco de la CMNUCC, la Acción para el Empoderamiento Climático (ACE) reconoce que la respuesta al cambio climático necesita educación, formación, participación, acceso a información, conciencia pública y cooperación, porque la acción sostenida no depende solo de normas o financiamiento, sino también de capacidades sociales para comprender, decidir e involucrarse (RNCC, 2025). En la misma línea, la UNESCO sostiene que la educación climática debe fortalecer conocimientos, habilidades, valores y actitudes para que las personas actúen como agentes de cambio (UNESCO, 2024). Vista desde el territorio, esta base formativa permite que la agenda climática deje de percibirse como un mandato externo y empiece a asumirse como una práctica pública compartida entre escuelas, instituciones, comunidades y gobiernos locales.

Esa transición requiere formación técnica pertinente; no basta con incorporar el clima al discurso escolar; hace falta desarrollar competencias aplicadas para producir, planificar, restaurar, medir, adaptar tecnologías, gestionar riesgos y sostener nuevas trayectorias laborales en economías verdes y resilientes. La estrategia de la UNESCO para la educación y formación técnica y profesional plantea justamente esa dirección al promover habilidades para economías más verdes, inclusivas y sostenibles. La evidencia empírica también respalda este enfoque: un estudio experimental con 438 productores ganaderos mostró que talleres participativos elevaron en promedio 25% el nivel de conocimiento sobre cambio climático y medidas de mitigación, además de incrementar en 19% la intención de aplicarlas (UNESCO, 2024). El dato importa porque confirma algo central para la agenda territorial: cuando la formación dialoga con la práctica, la extensión deja de transferir información de manera vertical y empieza a movilizar decisiones concretas.

La innovación aplicada, por su parte, no debería entenderse únicamente como incorporación de tecnología sofisticada. En contextos territoriales, innovar también significa construir soluciones útiles a partir de la combinación entre

ciencia climática, conocimiento local, experimentación institucional y aprendizaje colectivo. Estudios recientes subrayan que la coproducción de conocimiento puede fortalecer la capacidad adaptativa al facilitar aprendizaje social e integrar miradas diversas, aunque todavía existe escasa orientación práctica para diseñar y sostener estos procesos desde una lógica verdaderamente local. El Banco Mundial coincide con esa lectura al señalar que la acción climática liderada localmente mejora cuando integra conocimiento territorial y ciencia climática en la toma participativa de decisiones, identifica inversiones con base en prioridades comunitarias y permite que la experiencia local retroalimente futuras políticas. Así, la transferencia de conocimiento deja de ser una etapa final del proyecto y se convierte en parte del propio proceso de implementación.

Desde esa perspectiva, una agenda territorial de implementación necesita una secuencia clara, pero flexible: formación para comprender el problema, investigación para leerlo con evidencia, innovación para adaptar respuestas, implementación para llevarlas a escala, evaluación para corregir y mejorar. La experiencia reciente sobre coproducción de servicios climáticos para adaptación urbana muestra que su utilidad y adopción aumentan cuando productores y usuarios del conocimiento trabajan juntos, y que factores como confianza, recursos disponibles y aprendizaje en la práctica condicionan el éxito de esos procesos. Por eso, una hoja de ruta territorial bien diseñada no separa universidad, instituto técnico, municipio, organización comunitaria y sector productivo; los conecta en torno a problemas concretos del territorio, con metas modestas al inicio, pero acumulativas en el tiempo.

El cierre de este capítulo puede plantearse, entonces, en una clave propositiva: la acción climática territorial será más sólida cuando el conocimiento circule, cuando la formación cree capacidades instaladas, cuando la innovación responda a necesidades reales y cuando la evaluación alimente nuevas decisiones en lugar de clausurar el aprendizaje. Un estudio reciente en Granada, desde la perspectiva del desarrollo resiliente al clima, advierte que la construcción de capacidades educativas sigue siendo una brecha crítica, pero también muestra que fortalecer conocimiento local, nuevas habilidades y recursos educativos puede sostener la implementación de políticas climáticas en el largo plazo y, al mismo tiempo, abrir oportunidades económicas verdes. Allí

reside una idea potente para la gobernanza territorial: educar no es un complemento de la acción climática, sino una de sus infraestructuras más duraderas.

**Figura 12.**

*Hoja de ruta para implementación climática*



### 5.3.1. Capacidades humanas para la resiliencia territorial

Las capacidades humanas son una condición de base para que la resiliencia territorial deje de ser una aspiración programática y se convierta en una práctica sostenida. En este campo, la alfabetización climática no debe entenderse solo como acceso a información sobre el cambio climático, sino como la combinación de conocimientos, habilidades, valores y actitudes que permiten comprender los riesgos, interpretar sus efectos en el territorio y actuar con criterio frente a ellos. La UNESCO sostiene que la educación climática cumple precisamente esa función de empoderamiento, mientras que la CMNUCC, a través de la Acción para el Empoderamiento Climático, vincula educación, formación, participación, acceso a la información y cooperación como componentes necesarios para involucrar a la sociedad en la acción climática (Costa et al., 2022; UNESCO, 2024). En términos territoriales, esto significa que una comunidad mejor formada no solo reconoce amenazas, sino que también mejora su capacidad para anticipar, decidir y sostener respuestas colectivas.

Esa base formativa necesita traducirse en liderazgo técnico local. No basta con sensibilizar; hace falta personal capaz de leer datos climáticos, coordinar actores, priorizar intervenciones, acompañar procesos participativos y convertir

diagnósticos en decisiones viables. El Banco Mundial ha señalado que la acción climática liderada localmente requiere fortalecer la capacidad de gobiernos, comunidades y otros actores para planificar, decidir e integrar conocimiento local con información climática, al tiempo que mejora la rendición de cuentas y la transparencia institucional (World Bank, 2024b). En la misma dirección, evidencia reciente publicada en npj Climate Action muestra que la formación y el fortalecimiento de capacidades desarrollan los conocimientos, habilidades, recursos y experticia local necesarios para adaptarse a condiciones climáticas cambiantes, además de sostener políticas e iniciativas en el largo plazo (Friedman et al., 2026). Por eso, la resiliencia territorial depende tanto de infraestructura y financiamiento como de personas preparadas para conducir procesos técnicamente sólidos en contextos complejos.

Cuando la formación se diseña con enfoque aplicado, sus efectos pueden ser concretos y acumulativos. Un estudio reciente basado en un modelo de formación de formadores en República Dominicana evaluó tres dimensiones clave para fortalecer la resiliencia comunitaria frente a riesgos climáticos para la salud: conciencia climática, alfabetización climática y habilidades de comunicación y respuesta, mostrando que la capacitación puede organizarse como un proceso de multiplicación territorial del conocimiento. A la vez, una revisión sistemática sobre liderazgo climático en ciudades subraya que el liderazgo no es una cualidad abstracta, sino un conjunto de capacidades habilitadas por instituciones, coordinación y aprendizaje. Bajo esa lógica, formar capacidades humanas para la resiliencia territorial implica sembrar algo más duradero que una intervención puntual: una masa crítica de actores capaces de interpretar su territorio, movilizar cooperación y sostener decisiones climáticamente informadas con continuidad y sentido público.

### **5.3.2. Agenda 2030–2050 de investigación e implementación**

De cara a 2030–2050, la agenda territorial de investigación e implementación climática debería abandonar la lógica de temas aislados y organizarse alrededor de trayectorias de desarrollo resiliente, donde adaptación, mitigación, bienestar, capacidades institucionales y sostenibilidad productiva se refuerzan mutuamente. El IPCC plantea que el desarrollo resiliente al clima exige integrar

decisiones de adaptación y mitigación con las opciones de desarrollo, mientras que la CMNUCC ha insistido en que la adaptación necesita planificación, conocimiento útil y mecanismos de implementación capaces de vincular prioridades nacionales con realidades locales (IPCC, 2022j, p. 1). Bajo esa premisa, las líneas futuras más realistas para los territorios son aquellas que permiten medir avances, adaptar acciones al contexto, mejorar eficiencia material, restaurar funciones ecosistémicas, fortalecer sistemas alimentarios y consolidar gobernanza multinivel basada en evidencia.

En ese marco, la investigación aplicada debería priorizar seis frentes. Primero, medición y evaluación, porque sin métricas comparables y sensibles al contexto la adaptación sigue siendo difícil de demostrar. Segundo, adaptación local, ya que la OCDE recuerda que la adaptación ocurre sobre todo en escalas territoriales específicas y requiere seguimiento continuo. Tercero, economía circular, debido a que el PNUMA vincula el uso sostenible de recursos con la implementación de la Agenda 2030 y la respuesta a la triple crisis planetaria. Cuarto, ecosistemas, porque el desarrollo resiliente depende de conservar y restaurar funciones ecológicas que sostienen agua, suelos y protección frente a riesgos. Quinto, sistemas alimentarios, dado que la FAO plantea una transformación de los sistemas agroalimentarios compatible con resiliencia, seguridad alimentaria y sostenibilidad. Sexto, gobernanza, porque tanto la acción climática liderada localmente como la coproducción de conocimiento exigen instituciones capaces de coordinar actores, integrar conocimiento local y sostener aprendizaje en el tiempo.

Mirando hacia 2050, la prioridad no debería ser prometer escenarios cerrados, sino construir una hoja de ruta acumulativa de evidencia e implementación. Eso implica que cada línea territorial avance con preguntas concretas: qué funciona, para quién, en qué condiciones, con qué costos de mantenimiento institucional, además de qué evidencia permite corregir el rumbo. Una agenda seria no necesita sobredimensionar el futuro; necesita secuenciar mejor el presente. Por eso, la investigación territorial más útil será aquella que produzca indicadores de progreso, validación local de soluciones, aprendizaje interinstitucional y evidencia transferible entre territorios sin borrar sus diferencias.

**Tabla 7.**

*Agenda 2030–2050 de investigación e implementación territorial*

<b>Línea</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Actor principal</b>	<b>Evidencia requerida</b>
Medición y evaluación de adaptación	Construir sistemas de seguimiento que muestren progreso real, no solo ejecución	Gobiernos nacionales y locales, observatorios, academia	Indicadores de proceso, resultado y resiliencia; líneas de base; series comparables; evaluación periódica
Adaptación local y gestión del riesgo	Ajustar medidas a amenazas, vulnerabilidades y capacidades del territorio	Gobiernos locales, comunidades, protección civil, universidades	Diagnósticos climáticos locales, mapas de riesgo, evaluación de vulnerabilidad, monitoreo participativo
Economía circular y uso eficiente de recursos	Reducir presión material, residuos y exposición productiva a disrupciones	Municipios, empresas, entes reguladores, centros tecnológicos	Balances de materiales, indicadores de circularidad, trazabilidad de residuos y agua, análisis de factibilidad
Ecosistemas y soluciones basadas en la naturaleza	Restaurar funciones ecológicas que sostienen resiliencia hídrica, alimentaria y territorial	Autoridades ambientales, comunidades, sector rural, ONG	Estado de ecosistemas, conectividad, servicios ecosistémicos, evidencia de restauración y mantenimiento
Sistemas alimentarios resilientes	Mejorar seguridad alimentaria, adaptación productiva y sostenibilidad del abastecimiento	Sector agropecuario, gobiernos territoriales, productores, extensión	Datos de productividad, agua, suelos, diversidad productiva, adopción tecnológica, estabilidad del suministro
Gobernanza multinivel y capacidades	Fortalecer coordinación, participación, transparencia y aprendizaje institucional	Estado central, gobiernos subnacionales, comunidad, cooperación, academia	Evidencia de coordinación interinstitucional, participación efectiva, trazabilidad de decisiones, evaluación de capacidades

## Referencias Bibliográficas

- Álvarez-Vizcarra, G. (2023). Economía circular en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible, una oportunidad para la sinergia social. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 25(3), 868–889. <https://doi.org/10.36390/telos253.19>
- Bjørn, A., Lloyd, S., Schenker, U., Margni, M., Levasseur, A., Agez, M., y Matthews, H. D. (2023). Differentiation of greenhouse gases in corporate science-based targets improves alignment with Paris temperature goal. *Environmental Research Letters*, 18(8), 084007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ace0cf>
- Bosco, C., Raspati, G. S., Maurin, N., y Helness, H. (2025). A systematic literature review on resource recovery toward symbiotic circular economy solutions in the water sector. *Journal of Environmental Management*, 393, 127298. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127298>
- Braude, H., Castro, V., y Fiorentin, F. (2024). *Estrategias, políticas e instrumentos para la innovación verde en América Latina* [Documentos de proyectos]. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/68842>
- CEPAL. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- CEPAL. (2023). *CEPAL presenta en la COP28 informe que destaca las necesidades de financiamiento climático para América Latina y el Caribe en su lucha contra el calentamiento global*.

<https://www.cepal.org/es/comunicados/cepal-presenta-la-cop28-informe-que-destaca-necesidades-financiamiento-climatico-america>

CEPAL. (2024a). *Acerca de Cambio Climático*. Naciones Unidas.  
<https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>

CEPAL. (2024b). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe, 2023: Necesidades de financiamiento y herramientas de política para la transición hacia economías con bajas emisiones de carbono y resilientes al cambio climático*. CEPAL.  
<https://hdl.handle.net/11362/69031>

CEPAL. (2024c). *Necesidades de financiamiento y objetivos climáticos en América Latina y el Caribe*.  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/80661-necesidades-financiamiento-objetivos-climaticos-america-latina-caribe>

Chew, Z. L., Tan, E. H., Palaniandy, S. A. L., Woon, K. S., y Phuang, Z. X. (2023). An integrated life-cycle greenhouse gas protocol accounting on oil palm trunk and empty fruit bunch biofuel production. *Science of The Total Environment*, 856, 159007.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159007>

CMNUCC. (2020). *Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC)*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.  
<https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional-ndc>

Cortes, J. R., Benitez, I. B., Baldoza, B. J. S., Pardillo, C. A. R., Auxtero, K. M. A., Badec, K. P., y Varela, D. A. B. (2026). Climate-smart aquaculture:

- Innovations and challenges in mitigating climate change impacts on fisheries and coastal agriculture. *Aquaculture and Fisheries*, 11(2), 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2025.08.009>
- Costa, M. J. S., Leitão, A., Silva, R., Monteiro, V., y Melo, P. (2022). Climate Change Prevention through Community Actions and Empowerment: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph192214645>
- Dwivedi, D., Poepl, R. E., y Wohl, E. (2025). Hydrological connectivity: A review and emerging strategies for integrating measurement, modeling, and management. *Frontiers in Water*, 7. <https://doi.org/10.3389/frwa.2025.1496199>
- ECLAC. (2023). *The economics of climate change in Latin America and the Caribbean, 2023* [Report]. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/acb6ea5d-b85a-4cd6-abac-d9fee68189c6/content>
- Encarnación-Ordoñez, S., y Costa-Cevallos, M. (2022). Adaptación de políticas públicas para mitigar los efectos del cambio climático en Ecuador: Identificación de rupturas y escenarios críticos. *Revista Eurolatinoamericana de Derecho Administrativo*, 9(1). <https://doi.org/10.14409/redoeda.v9i1.11502>
- FAO. (2010). *B4—3 Fisheries, aquaculture and climate change*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Climate Smart Agriculture Sourcebook. <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b4-fisheries/chapter-b4-3/en/>

FAO. (2013). *Forests and Water Agenda* (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/efe8c528-774f-4154-87ad-c85029e48908/content>

FAO. (2023). *Land and water systems are at breaking point*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>

FAO. (2024a). *The State of Food and Agriculture 2024: Value-driven transformation of agrifood systems* (Food&Agriculture Org.). Food & Agriculture Org.

FAO. (2024b). *United Nations Food Systems Summit +4 (UNFSS+4)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAORegionalOffice-LatinAmerica-RLC. <https://www.fao.org/americas/events/cumbre-unfss/financing/en>

FAO. (2025a). *Hunger declines globally, but rises in Africa and western Asia: UN report*. Newsroom. <https://www.fao.org/newsroom/detail/global-hunger-declines--but-rises-in-africa-and-western-asia--un-report/en>

FAO. (2025b). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2025* (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd7488en>

FAO. (2025c). *The state of world fisheries and aquaculture 2024*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

FAO. (2026a). *Aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAORegionalOffice-NearEast-RNE.

<https://www.fao.org/neareast/main-topics/regional-priorities/rp3/sustainable-fisheries-management-and-aquaculture-development/aquaculture/en>

FAO. (2026b). *Circular Economy: Waste-to-Resource*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/land-water/overview/onehealth/circular/en/>

FAO, UNEP, y WHO. (2023). *The One Health approach and Key Recommendations of the Quadripartite* [TECHNICAL BRIEF]. [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/universal-health-coverage/who-uhl-technical-brief-one-health.pdf?sfvrsn=353e9ad1\\_3](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/universal-health-coverage/who-uhl-technical-brief-one-health.pdf?sfvrsn=353e9ad1_3)

Friedman, E., Solecki, W., y Telesford, J. (2026). Education capacity building as a foundation for climate resilient development in SIDS. *Npj Climate Action*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.1038/s44168-026-00337-7>

Galappaththi, E. K., Ford, J. D., Bennett, E. M., y Berkes, F. (2021). Adapting to climate change in small-scale fisheries: Insights from indigenous communities in the global north and south. *Environmental Science & Policy*, 116, 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.009>

Godoy-Sato, P. H., y Pereira-Bonfim, M. (2026). IFRS S2: Perspectives of respondents from BRICS regarding the climate-related disclosure standard. *REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL - Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte - ISSN 2176-9036*, 18(1). <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2026v18n1ID42537>

Gómez, D., y Barbosa-Pérez, E. M. (2024). Sostenibilidad ambiental: Diálogos entre la economía ecológica, el territorio y la territorialidad en el desarrollo resiliente. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 19(1), 6.

Hallegatte, S., Rentschler, J., y Rozenberg, J. (2019). Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity. *World Bank*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1430-3>

Hansen, A. D., Kuramochi, T., y Wicke, B. (2022). The status of corporate greenhouse gas emissions reporting in the food sector: An evaluation of food and beverage manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 361, 132279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132279>

IEA. (2023). *Tracking Clean Energy Progress 2023*. <https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023>

IPCC. (2021a). *Climate Change 2021 The Physical Science Basis* (Summary for Policymakers Technical Summary Frequently Asked Questions Glossary, p. 260). Intergovernmental Panel on Climate Change. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SummaryVolume.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SummaryVolume.pdf)

IPCC. (2021b). *Summary for Policymakers* (Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 3–32). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/summary-for-policymakers/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/summary-for-policymakers/?utm_source=chatgpt.com)

IPCC. (2021d). *Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In Climate Change 2021* (pp. 1513–1766) [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.013>

IPCC. (2022a). *Annex II: Glossary* (pp. 2897–2930) [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2022b). *Chapter 2: Terrestrial and Freshwater Ecosystems and Their Services* (pp. 197–377) [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.004>

IPCC. (2022c). *Chapter 3: Oceans and Coastal Ecosystems and their Services* [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.005>

IPCC. (2022d). *Chapter 4: Water* (pp. 551–712) [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.006>

IPCC. (2022e). *Chapter 6: Energy systems* [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.008>

IPCC. (2022f). *Chapter 7: Agriculture, Forestry, and Other Land Uses (AFOLU)* [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.009>

IPCC. (2022g). *Chapter 10: Transport* [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.012>

IPCC. (2022h). *Chapter 11: Industry.* Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.013>

- IPCC. (2022i). *Chapter 14: North America* (pp. 1929–2042) [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.016>
- IPCC. (2022j). *Chapter 18: Climate Resilient Development Pathways* (pp. 2655–2807). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.027>
- IPCC. (2022k). *Cross-Chapter Paper 1: Biodiversity Hotspots* (pp. 2123–2161). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.018>
- IPCC. (2022l). *Technical Summary* [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.002>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report* (Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 35–115) [Report]. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- IPCC. (2024). *WGI Summary for Policymakers Headline Statements*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/spm-headline-statements/>
- Kasperzak, R., Kureljusic, M., Reisch, L., y Thies, S. (2023). Accounting for Carbon Emissions—Current State of Sustainability Reporting Practice under the GHG Protocol. *Sustainability*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15020994>
- Kc, U., Campbell-Ross, H., Godde, C., Friedman, R., Lim-Camacho, L., y Crimp, S. (2024). A systematic review of the evolution of food system resilience

assessment. *Global Food Security*, 40, 100744.

<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100744>

Kongboon, R., Gheewala, S. H., y Sampattagul, S. (2022). Greenhouse gas emissions inventory data acquisition and analytics for low carbon cities. *Journal of Cleaner Production*, 343, 130711.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130711>

Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barret, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S. L., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., ... Park, Y. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.* (pp. 1–34) [Monograph]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>

Lovelock, C. E., Bennion, V., de Oliveira, M., Hagger, V., Hill, J. W., Kwan, V., Pearse, A. L., Rossini, R. A., y Twomey, A. J. (2024). Mangrove ecology guiding the use of mangroves as nature-based solutions. *Journal of Ecology*, 112(11), 2510–2521. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14383>

Machado, C., y Bonilla-Bedoya, S. (2024). Adaptación al cambio climático en Ecuador: Análisis del marco normativo y su concordancia con la normativa internacional. *CienciAmérica*, 13(1), 119–135. <https://doi.org/10.33210/ca.v13i1.465>

Malley, C. S., Omotosho, D., Bappa, B., Jibril, A., Tarfa, P., Roman, M., Hicks, W. K., Kuylenstierna, J. C. I., de la Sota Sandez, C., y Lefèvre, E. N. (2021). Integration of climate change mitigation and sustainable development planning: Lessons from a national planning process in Nigeria. *Environmental Science & Policy*, 125, 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.08.022>

Mariscal-Ureta, K. E., y Martínez-Nieves, G. E. (2026). Vulnerabilidad, Crisis Ambiental y Derechos Humanos. *Ibero Ciencias - Revista Científica y Académica* - ISSN 3072-7197, 5(1), 955–968. <https://doi.org/10.63371/ic.v5.n1.a703>

Martínez-Barón, D., Alarcón-de Antón, M., Martínez-Salgado, J. D., y Castellanos, A. E. (2024). Climate-smart agriculture reduces capital-based livelihoods vulnerability: Evidence from Latin America. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1363101>

Martínez-Castro, D., Espinoza, J.-C., Takahashi, K., Andrade, M. O., Herrera, D. A., Centella-Artola, A., Apaestegui, J., Armijos, E., Gutiérrez, R., Wongchuig, S., y Silva, F. Y. (2025). Impact of Extreme Droughts on the Water Balance in the Peruvian–Ecuadorian Amazon Basin (2003–2024). *Water*, 17(21). <https://doi.org/10.3390/w17213041>

Massari, G. F., y Giannoccaro, I. (2023). Adopting GRI Standards for the Circular Economy strategies disclosure: The case of Italy. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 14(4), 660–694. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-07-2021-0284>

McCullough, I. M., Beirne, C., Soto-Navarro, C., y Whitworth, A. (2024). Mapping climate adaptation corridors for biodiversity—A regional-scale case study

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304756>

Mendieta-Orellana, M. E., Sánchez-Loja, W. F., y Abad-Mendieta, E. (2024).

Escala Regional y Microregional en Ecuador: Contribuciones Teóricas hacia la Sostenibilidad Territorial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 2117–2142.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2.10645](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10645)

Mizuno, O., y Okano, N. (2024). Reconsidering National Adaptation Plans (NAPs)

as a Policy Framework under the UNFCCC. *Climate Policy*, 24(9), 1309–1321. <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.2378194>

Molnár, P., Suta, A., Lukács, B., y Tóth, Á. (2025). Linking sustainability reporting

and energy use through global reporting initiative standards and sustainable development goals. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27(12), 8659–8667. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-03044-1>

Navarrete-Valladares, C. P., y Sandoval, J. (2024). Vulnerability and Adaptive

Skills of older People in the Face of Climate Change: A Systematic Review. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, 58(2), e1840. <https://doi.org/10.30849/ripijp.v58i2.1840>

NU y CEPAL. (2024). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe, 2024:*

*Trampa de bajo crecimiento, cambio climático y dinámica del empleo* (p. 289) [Informes periódicos]. CEPAL.

Octavio-Vivas, S., y Rojas-Meza, J. E. (2024). Vulnerabilidad y resiliencia

socioecológica: Análisis desde la teoría de los sistemas complejos. *Revista Científica Tecnológica - ISSN: 2708-7093*, 7(2), 110–125.

OMS. (2023). *One Health*. Organización Mundial de la Salud.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/one-health>

Pokolenko, A. A. (2023). La gobernanza territorial como capital sinérgico en el desarrollo de sistemas productivos locales latinoamericanos. *Visión de futuro*, 27(2), 206–230.

<https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2023.27.02.006.es>

Raison, M., Kohli, R., y Teng, J. (2025). *Agrifood systems in national adaptation plans: An analysis* (Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Development Programme). Food & Agriculture Organization.

República del Ecuador. (2025). *Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional República del Ecuador 2026-2035*. Nationally Determined Contributions.

<https://unfccc.int/sites/default/files/2025-02/Segunda%20NDC%20de%20Ecuador.pdf>

RNCC. (2024). *Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC)* –. Registro Nacional del Cambio Climático.

<https://rncc.ambiente.gob.ec/rncc/contribucion-determinada-a-nivel-nacional-ndc/>

RNCC. (2025). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*. Registro Nacional del Cambio Climático.

<https://rncc.ambiente.gob.ec/rncc/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-cmnucc/>

Rodríguez-Cruz, X., y Balda-Cruz, V. (2026). Crecimiento económico y degradación ambiental en Ecuador: Evidencia de la hipótesis de la Curva

<https://doi.org/10.54753/rve.v14i1.2661>

Rodríguez-Rojo, C. N. (2022). *Análisis de los instrumentos de adaptación a los efectos del cambio climático en tres escalas territoriales de la administración (Unión Europea, España y Andalucía)*. [Master thesis].

<https://rodin.uca.es/handle/10498/32427>

Sakic-Troglic, R., Duncan, M., y Wright, G. (2022, mayo 19). *Why community-based disaster risk reduction fails to learn from local knowledge? Experiences from Malawi*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

<https://www.undrr.org/publication/why-community-based-disaster-risk-reduction-fails-learn-local-knowledge-experiences>

Santos de Lima, L., Silva, F. E. O. e, Dorio Anastácio, P. R., Kolanski, M. M. de P., Pires Pereira, A. C., Menezes, M. S. R., Cunha, E. L. T. P., y Macedo, M. N. (2024). Severe droughts reduce river navigability and isolate communities in the Brazilian Amazon. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 370. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01530-4>

Sarker, A., Ahmmed, R., M. Ahsan, S., Rana, J., Kumar Ghosh, M., y Nandi, R. (2024). A comprehensive review of food waste valorization for the sustainable management of global food waste. *Sustainable Food Technology*, 2(1), 48–69. <https://doi.org/10.1039/D3FB00156C>

Schneider, K. R., Remans, R., Bekele, T. H., Aytekin, D., Conforti, P., Dasgupta, S., DeClerck, F., Dewi, D., Fabi, C., Gephart, J. A., Masuda, Y. J., McLaren, R., Saisana, M., Aburto, N., Ambikapathi, R., Arellano Rodriguez, M., Barquera, S., Battersby, J., Beal, T., ... Fanzo, J. (2025). Governance and resilience as entry points for transforming food systems

in the countdown to 2030. *Nature Food*, 6(1), 105–116.

<https://doi.org/10.1038/s43016-024-01109-4>

Sciortino, C., Giamporcaro, G., Sgroi, F., y Modica, F. (2025). Exploring the role of short food supply chains in agricultural sustainability and resilience: A literature review. *Agricultural and Food Economics*, 13(1), 75.

<https://doi.org/10.1186/s40100-025-00420-3>

Sharaf-Addin, H. H. (2024). Towards net-zero carbon emissions: A systematic review of carbon sustainability reporting based on GHG protocol framework. *Environmental and Sustainability Indicators*, 24, 100516.

<https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100516>

Siriwardana, M., y Nong, D. (2021). Nationally Determined Contributions (NDCs) to decarbonise the world: A transitional impact evaluation. *Energy Economics*, 97, 105184. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105184>

Solecki, W., Roberts, D., y Seto, K. C. (2024). Strategies to improve the impact of the IPCC Special Report on Climate Change and Cities. *Nature Climate Change*, 14(7), 685–691. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02060-9>

Stephenson, J., Chellew, T., Köckritz, L. von, Rose, A., y Dinesh, D. (2021). *Digital agriculture to enable adaptation: A supplement to the UNFCCC NAP Technical Guidelines*. <https://hdl.handle.net/10568/115791>

Tang, Q. (2025). Climate—Related Financial Disclosure (Climate Disclosure). En Q. Tang (Ed.), *Carbon Accounting and Sustainability, Volume I: Carbon Accounting and Climate Disclosure* (pp. 179–237). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-90633-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-90633-6_6)

Torres, B., Luna, M., Tipán-Torres, C., Ramírez, P., Muñoz, J. C., y García, A. (2024). A Simplified Integrative Approach to Assessing Productive

Sustainability and Livelihoods in the “Amazonian Chakra” in Ecuador.

*Land*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/land13122247>

Torres, B., Vasco, C., Günter, S., y Knoke, T. (2018). Determinants of Agricultural Diversification in a Hotspot Area: Evidence from Colonist and Indigenous Communities in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Sustainability*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051432>

Ufitikirezi, J. de D. M., Filip, M., Ghorbani, M., Zoubek, T., Olšan, P., Bumbálek, R., Strob, M., Bartoš, P., Umurungi, S. N., Murindangabo, Y. T., Heřmánek, A., Tupý, O., Havelka, Z., Stehlík, R., Černý, P., y Smutný, L. (2024). Agricultural Waste Valorization: Exploring Environmentally Friendly Approaches to Bioenergy Conversion. *Sustainability*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/su16093617>

UNDRR. (2007, agosto 30). *Definition: Disaster risk management*. <https://www.undrr.org/terminology/disaster-risk-management>

UNDRR. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. United Nations - Headquarters United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/media/16098/download?startDownload=20260327>

UNDRR. (2017a). *he Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. “Resilience”*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/terminology/resilience>

UNDRR. (2017b). *The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction (Exposure)*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/terminology/exposure>

UNDRR. (2022, diciembre 23). *Monitoring the Sendai Framework.*

<https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/monitoring-sendai-framework>

UNESCO. (2024). *Climate change education.*

<https://www.unesco.org/en/climate-change/education>

UNFCCC. (2025). *National Adaptation Plans 2024. Progress in the formulation and implementation of NAPs.* United Nations.

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NAP%20Progress%20Publication%202024.pdf>

United Nations Environment Programme. (2024a). *Emissions Gap Report 2024:*

*No More Hot Air ... Please! With a Massive Gap Between Rhetoric and Reality, Countries Draft New Climate Commitments* (A. Olhoff, J.

Christensen, W. F. Lamb, M. Pathak, T. Kuramochi, T. Fransen, J. Rogelj,

M. den Elzen, J. Portugal-Pereira, N. Grant, J. Kejun, S. Roe, C. Bataille,

K. Blok, K. Levin, E. Soubeyran, y C. Strinati, Trads.).

<https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>

United Nations Environment Programme. (2024b). *No more hot air ... please!*

*With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments* [Executive summary. In *Emissions Gap Report 2024*].

<https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>

United Nations Environment Programme. (2025). *Adaptation Gap Report 2025:*

*Running on Empty—The World is Gearing up for Climate Resilience—Without the Money to get there* (H. Neufeldt, A. Hammill, T. Leiter, A.

Magnan, P. Watkiss, F. Bakhtiari, B. Butera, N. Canales, D. Chapagain, L.

Christiansen, T. Dale, F. Milford, K. Niles, L. Njuguna, P. Pauw, M. del P.

United Nations Environment Programme y International Solid Waste Association.

(2024). *Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource* (Z. Lenkiewicz, F. Bernardes, E. de Baedts, A. Halpaap, L. Louzada, A. Ramola, C. S. Filho, H. H. S. Souza, J. Smith, D. Ternald, y D. Wilson, Trads.; Technical Report Nos. 978-92-807-4129-2). <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/44939>

Valdés-Sáenz, M. A., Díaz-Valdés, K., Rodríguez-Guerra, Y., y Hernández-Ramos, H. (2024). Sistemas agroforestales en la Región Amazónica Ecuatoriana. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(1), 8587–8613.

Van der Borght, R., Alatorre, J. E., Ferrer, J., y Samaniego, J. (2022). *Panorama de las actualizaciones de las contribuciones determinadas a nivel nacional de cara a la COP 26* [Documentos de proyectos e investigación]. <https://hdl.handle.net/11362/47733>

Vasović, D., Vranjanac, Ž., Radjenović, T., Živković, S., y Janačković, G. (2025). Advancing the WEF E Nexus Approach with Multi-Criteria Decision Analysis and Standardization Refinements. *Sustainability*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/su17052220>

Velástegui-Montoya, A., Brito-Matamoros, R., Jaya-Montalvo, M., Caiza-Morales, L., Adami, M., Morante-Carballo, F., y Carrión-Mero, P. (2025). Land use change and mangrove conservation strategies in the Gulf of Guayaquil Ecuador through spatial and delphi based analysis. *Discover Applied Sciences*, 7(10), 1121. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07761-0>

- WHO. (2022). *One Health*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/one-health>
- WHO. (2024). *Chapter 8. Nature and health* (Compendium of WHO and other UN guidance in health and environmen). World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/378095>
- Woodruff, S. C., y Regan, P. (2019). Quality of national adaptation plans and opportunities for improvement. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24(1), 53–71. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9794-z>
- World Bank. (2024a). *Locally led Climate Action: A World Bank Operational Approach*. The World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022025171512503/pdf/P176059-ad65c32a-7a5b-4e87-8b5f-4ded3fc5215f.pdf>
- World Bank. (2024b). *Scaling Up Locally Led Climate Action to Enable Community Resilience and Equitable Climate Transitions* [Text/HTML]. World Bank. World Bank. <https://projects.worldbank.org/en/results/2024/11/19/scaling-up-locally-led-climate-action-to-enable-community-resilience>
- World Bank. (2024c). *World Bank Annual Report 2024: A Better Bank for a Better World* (World Bank Annual Report No. 194209). World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099101824180532047>
- Xu, C., Yu, H., Zhang, S., Shen, C., Ma, C., Wang, J., y Li, F. (2024). Cleaner production evaluation system for textile industry: An empirical study from LCA perspectives. *Science of The Total Environment*, 913, 169632. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169632>

Yoon, S. S., Oh, I., y Kim, H. J. (2024). An accounting perspective on the IFRS sustainability reporting standards for greenhouse gas emissions: Implications for the Asia Pacific. *Asia Pacific Business Review*, 0(0), 1–24. <https://doi.org/10.1080/13602381.2024.2364806>

Zhu, S., Cai, B., Fang, S., Zhu, J., y Gao, Q. (2023). The Development and Influence of IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. En G. Zhuang, Q. Chao, G. Hu, y J. Pan (Eds.), *Annual Report on Actions to Address Climate Change (2019): Climate Risk Prevention* (pp. 233–246). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-7738-1\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-19-7738-1_16)

## Resumen

El libro Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Adaptación, Mitigación y Resiliencia Territorial examina la crisis climática desde una perspectiva integradora que articula fundamentos científicos, planificación territorial, sostenibilidad productiva, gobernanza climática y fortalecimiento de capacidades locales. La obra parte del reconocimiento de que el cambio climático no constituye un fenómeno aislado, sino una condición estructural que incide sobre los sistemas socioecológicos, la disponibilidad de agua, la biodiversidad, la seguridad alimentaria, la salud pública, la infraestructura y los medios de vida. A partir de esta premisa, se desarrollan cinco capítulos orientados a comprender, primero, las bases conceptuales y territoriales del problema; segundo, los impactos, vulnerabilidades y riesgos que afectan a ecosistemas y sociedades; tercero, las estrategias de mitigación vinculadas con la transición productiva sostenible, la economía circular y la evaluación del desempeño climático; cuarto, los procesos de adaptación y construcción de resiliencia territorial; y, quinto, los mecanismos de gobernanza, financiamiento, educación e innovación necesarios para convertir la acción climática en una práctica efectiva. En conjunto, el libro propone una lectura crítica, aplicada e interdisciplinaria, útil para investigadores, gestores públicos, docentes y tomadores de decisiones interesados en promover respuestas territorialmente contextualizadas, socialmente justas y ambientalmente sostenibles frente a los desafíos del cambio climático contemporáneo.

**Palabras Clave:** cambio climático; desarrollo sostenible; adaptación; mitigación; resiliencia territorial

## Abstract

The book *Climate Change and Sustainable Development: Adaptation, Mitigation and Territorial Resilience* examines the climate crisis from an integrative perspective that connects scientific foundations, territorial planning, productive sustainability, climate governance, and the strengthening of local capacities. The work is based on the recognition that climate change is not an isolated phenomenon, but a structural condition that affects socioecological systems, water availability, biodiversity, food security, public health, infrastructure, and livelihoods. From this premise, five chapters are developed to address, first, the conceptual and territorial foundations of the problem; second, the impacts, vulnerabilities, and risks affecting ecosystems and societies; third, mitigation strategies linked to sustainable productive transition, circular economy, and climate performance assessment; fourth, adaptation processes and the construction of territorial resilience; and fifth, the governance, financing, education, and innovation mechanisms required to turn climate action into an effective practice. As a whole, the book offers a critical, applied, and interdisciplinary reading that may be useful for researchers, public managers, educators, and decision-makers interested in promoting territorially grounded, socially just, and environmentally sustainable responses to the challenges posed by contemporary climate change.

**Keywords:** climate change; sustainable development; adaptation; mitigation; territorial resilience



Este libro ofrece un análisis interdisciplinario del cambio climático, abordando sus impactos ambientales, sociales y económicos, así como estrategias de adaptación, mitigación y resiliencia territorial, integrando políticas públicas, gobernanza climática, educación ambiental y estudios de caso que fortalecen la planificación y el desarrollo sostenible.

ISBN: 978-9942-7463-8-2



**OM**  
EDITORIAL