



ACEG

Asociación
Acción por el Clima &
Ecosistemas Globales

Perspectiva: Resiliencia Socio- ecológica de los Sistemas: Hacia la Sostenibilidad

Tabla de contenido

Resumen	1
1. Introducción	2
2. Marco Conceptual: Resiliencia Socio- ecológica	2
3. Integración de los Pilares de Resiliencia en la Gobernanza Climática y la Planificación Urbana	4
3.1 Biodiversidad	4
3.2 Reversibilidad	4
3.3 Capacidad de Acción Social	5
3.4 Huella Ecológica	5
3.5 Síntesis	5
4. Conclusión	6
5. Direcciones Futuras de Investigación	7
Referencias	8

Resumen

La resiliencia socio-ecológica se ha convertido en una piedra angular de la ciencia de la sostenibilidad, ofreciendo un marco para comprender cómo los sistemas acoplados humano-medio ambiente absorben perturbaciones, se adaptan a condiciones cambiantes y se transforman mientras mantienen funciones esenciales. Este documento explora la resiliencia como un conjunto de pilares para la acción climática y la gobernanza, centrándose en la biodiversidad, la reversibilidad, la capacidad de acción social y la huella ecológica. Basándose en la teoría de la estructuración, la literatura sobre resiliencia y los informes recientes del IPCC sobre cambio climático y ciudades, desarrolla un marco conceptual que enfatiza las sinergias entre pilares, los vínculos con la mitigación y las vías de operacionalización. Ejemplos de casos de Colombia, Perú y Kenia ilustran cómo los instrumentos existentes pueden avanzar estos pilares y cómo nuevos enfoques pueden fortalecerlos. El documento concluye que la resiliencia es tanto una propiedad ecológica como social, que requiere instrumentos de gobernanza, herramientas de planificación y cambios culturales para integrar estos pilares en el diseño sistémico de la sostenibilidad, al tiempo que armoniza la adaptación y la mitigación dentro de las estrategias climáticas nacionales y los marcos de las NDC.

I. Introducción

El ritmo acelerado del cambio global ha puesto una presión sin precedentes tanto en los sistemas ecológicos como en los sociales. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la expansión urbana y la globalización económica están transformando las condiciones bajo las cuales las sociedades y los ecosistemas interactúan. En este contexto, la resiliencia se ha convertido en un concepto crítico para la sostenibilidad. La resiliencia no es simplemente la capacidad de resistir choques; es la capacidad de adaptarse y transformarse mientras se mantienen funciones esenciales. Comprender la resiliencia requiere examinar la interacción dinámica entre procesos ecológicos y estructuras sociales, reconociendo que ninguno puede existir independientemente del otro.

Los sistemas socio- ecológicos son complejos y adaptativos, caracterizados por bucles de retroalimentación, umbrales y dinámicas coevolutivas. Están moldeados tanto por procesos biofísicos como por instituciones sociales, y su resiliencia depende de las interacciones entre estas dimensiones. Como argumentan Gunderson (2003) y Holling (2000), la resiliencia es una propiedad que emerge de las interacciones sistémicas a través de escalas, más que un atributo estático. Por lo tanto, es esencial conceptualizar la resiliencia de manera que integre las dimensiones ecológicas y sociales, superando enfoques reduccionistas que las tratan por separado.

La urbanización ejemplifica los desafíos de la resiliencia. Los centros urbanos concentran poblaciones y recursos, generando presiones que trascienden los límites locales e influyen en ecosistemas distantes. Agotan servicios ecosistémicos locales, aumentan la dependencia de recursos externos y elevan el costo de proveer servicios sociales. Sin embargo, los centros urbanos también tienen el potencial de innovar, rediseñar actividades humanas y fomentar la resiliencia mediante planificación sostenible, tecnología y gobernanza. La restauración y conservación de los ecosistemas locales se vuelve imperativa para asegurar que la resiliencia no se pierda.

Este documento desarrolla un marco conceptual para la resiliencia socio-ecológica, basándose en la teoría de la estructuración, la literatura sobre resiliencia y las evaluaciones del IPCC sobre cambio climático y ciudades. Explora la resiliencia como un conjunto de pilares — biodiversidad, reversibilidad, capacidad de acción social y huella ecológica — y enfatiza las sinergias entre pilares, los vínculos con la mitigación y las vías de operacionalización. El marco se aplica luego a ejemplos de casos de Colombia, Perú y Kenia, ilustrando cómo la resiliencia puede integrarse en la gobernanza climática y la planificación urbana. El documento concluye que la resiliencia es tanto una propiedad ecológica como social, que requiere enfoques integrados que armonicen la adaptación y la mitigación dentro de las estrategias climáticas nacionales y los marcos de las NDC.

2. Marco Conceptual: Resiliencia Socio- ecológica

La resiliencia socio- ecológica se entiende mejor como una propiedad sistémica que emerge de las interacciones entre procesos ecológicos y estructuras sociales. No es un estado fijo, sino una capacidad dinámica moldeada por bucles de retroalimentación, umbrales y dinámicas coevolutivas. Como enfatiza Holling (2000), la resiliencia implica la capacidad de los sistemas para absorber perturbaciones, reorganizarse y seguir funcionando. Esta capacidad depende tanto de atributos ecológicos, como la biodiversidad, como de atributos sociales, como la gobernanza y los valores culturales.

La teoría de la estructuración ofrece una lente útil para analizar las dimensiones sociales de la resiliencia. Giddens (1987) identifica tres dimensiones de la estructura — significación, dominación y legitimación — y tres dimensiones de la interacción — comunicación, poder y sanción. Estas dimensiones moldean la distribución de los recursos, el ejercicio de la autoridad y la legitimidad de las instituciones. Aplicada a los sistemas socio- ecológicos, la teoría de la estructuración destaca cómo las estructuras sociales pueden habilitar o restringir la resiliencia ecológica. Los arreglos

de gobernanza, por ejemplo, pueden mitigar los factores de estrés promoviendo el uso sostenible del suelo y la gestión de residuos, o pueden agravarlos incentivando prácticas insostenibles.

La resiliencia puede conceptualizarse a través de cuatro pilares interconectados que proporcionan dirección para la acción climática y la gobernanza. El primer pilar es la **biodiversidad ecológica**, que refleja la diversidad de tipos de suelo, hábitats y riqueza de especies. La biodiversidad no solo es una base para la adaptación, sino también un contribuyente a la mitigación, ya que conservar y restaurar ecosistemas mejora la captura y almacenamiento de carbono. El segundo pilar es la **reversibilidad**, que indica la probabilidad de que los ecosistemas perturbados puedan regresar a un estado más saludable. La restauración de tierras degradadas contribuye directamente a la mitigación al reducir emisiones por deforestación y cambio de uso del suelo, y también fortalece la capacidad adaptativa al reconstruir umbrales ecológicos. El tercer pilar es la **capacidad de acción social**, que evalúa la habilidad de las sociedades para mitigar factores de estrés mediante gobernanza, aprendizaje social y acción colectiva. Esta capacidad es esencial para garantizar que las políticas de mitigación sean socialmente viables y equitativas, además de permitir que las comunidades se adapten a los impactos climáticos. El cuarto pilar es la **huella ecológica**, que estima la capacidad de carga local e indica el nivel de sustitución del acceso directo a servicios ecosistémicos por acceso indirecto a través de servicios sociales urbanos. Reducir las huellas ecológicas contribuye a la mitigación al disminuir emisiones derivadas de la producción, el consumo y los residuos, y también fortalece la adaptación al reducir la dependencia de ecosistemas distantes.

Estos cuatro pilares no son aislados; se refuerzan mutuamente mediante retroalimentaciones sistémicas. La biodiversidad mejora la reversibilidad, ya que los ecosistemas diversos se recuperan más rápido de las perturbaciones, mientras que la reversibilidad sostiene la biodiversidad al restaurar hábitats que mantienen la riqueza de especies. La capacidad de acción social reduce las huellas ecológicas, ya que comunidades informadas y empoderadas adoptan prácticas sostenibles, mientras que huellas ecológicas más bajas protegen la biodiversidad al reducir la presión sobre los ecosistemas. Estas sinergias destacan la resiliencia como una propiedad sistémica: el progreso en un pilar fortalece a los demás, creando ciclos virtuosos de sostenibilidad.

Una mejora crítica del marco es su vinculación explícita tanto con la mitigación como con la adaptación. Aunque las NDC suelen centrarse en la mitigación, los pilares de resiliencia demuestran beneficios duales. La biodiversidad y la reversibilidad reducen emisiones mientras fortalecen la capacidad adaptativa. La capacidad de acción social asegura que las políticas de mitigación sean equitativas y políticamente viables. La reducción de la huella ecológica alinea el consumo con los objetivos de reducción de emisiones y adaptación. Al integrar los pilares de resiliencia en las NDC como instrumentos de doble propósito, los países pueden armonizar las iniciativas locales de adaptación con los compromisos nacionales de mitigación, asegurando coherencia entre escalas.

Para pasar del concepto a la práctica, los pilares de resiliencia deben integrarse en los instrumentos de gobernanza y procesos de planificación. A nivel nacional, los indicadores de resiliencia deberían incorporarse en los marcos de monitoreo de las NDC, asegurando que biodiversidad, reversibilidad, acción social y huellas ecológicas se registren junto con las reducciones de emisiones. A nivel municipal, los presupuestos locales y los planes de uso del suelo deben alinearse con las estrategias climáticas nacionales, integrando soluciones basadas en la naturaleza, programas de restauración, gobernanza participativa y evaluaciones de huella en la planificación urbana. En todos los niveles, la adaptación y la mitigación deben tratarse como dominios complementarios, utilizando instrumentos como la adaptación basada en ecosistemas, estrategias de economía circular y gobernanza participativa para reducir simultáneamente emisiones y construir resiliencia.

3. Integración de los Pilares de Resiliencia en la Gobernanza Climática y la Planificación Urbana

3.1 Biodiversidad

En Colombia, la biodiversidad se integra en la planificación mediante zonificación ecológica, corredores verdes y la Estrategia y Plan de Acción Nacional de Biodiversidad. El programa “Cinturón Verde” de Bogotá y la iniciativa de “Corredores Verdes” de Medellín vinculan la protección de la biodiversidad con la mejora de la calidad del aire y la mitigación de inundaciones. Estos instrumentos locales son coherentes con la política climática nacional de Colombia, que enfatiza la adaptación basada en ecosistemas bajo el Ministerio de Ambiente. Sin embargo, la coherencia podría fortalecerse armonizando las iniciativas municipales de biodiversidad con las metas de las NDC, asegurando que las acciones locales contribuyan a las narrativas climáticas centralizadas.

En Perú, la planificación metropolitana de Lima incorpora la protección de humedales como amortiguadores naturales contra inundaciones, respaldada por el enfoque territorial del Ministerio del Ambiente hacia soluciones basadas en la naturaleza. Los instrumentos incluyen la Estrategia Nacional de Humedales y la integración de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en el Plan Nacional de Adaptación. Aunque estos instrumentos se alinean con los compromisos de las NDC de Perú, permanecen fragmentados entre jurisdicciones municipales. Fortalecer la coherencia requiere integrar metas de biodiversidad en los planes metropolitanos de uso del suelo y garantizar que las SbN se incorporen en todos los niveles de gobernanza.

En Kenia, la biodiversidad se integra en los perfiles de riesgo climático a través del Programa de Apoyo Urbano de Kenia y el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Los instrumentos incluyen programas comunitarios de conservación y evaluaciones de riesgo climático a nivel de condado. Estas iniciativas son coherentes con el modelo de gobernanza descentralizada de Kenia, pero la armonización con las narrativas nacionales podría mejorar al incorporar indicadores de biodiversidad en el marco de monitoreo de las NDC de Kenia.

3.2 Reversibilidad

La reversibilidad requiere instrumentos que restauren ecosistemas degradados y eviten daños irreversibles. **En Colombia**, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres promueve la restauración de cuencas y la reforestación como estrategias de resiliencia. Instrumentos como el Plan Nacional de Restauración y los esquemas de pago por servicios ecosistémicos apoyan la reversibilidad. Estos son coherentes con la política climática nacional de Colombia, pero podrían fortalecerse integrando metas de restauración en los presupuestos municipales y asegurando que los gobiernos locales tengan capacidad para implementarlas.

En Perú, proyectos financiados por el Fondo de Adaptación restauran ecosistemas vulnerables mediante reforestación y recuperación de humedales. Los instrumentos incluyen el Programa Nacional de Conservación de Bosques y proyectos de adaptación basada en ecosistemas en regiones costeras y andinas. Aunque coherentes con las NDC de Perú, los esfuerzos de reversibilidad siguen siendo proyectos puntuales impulsados por donantes. Fortalecer la coherencia requiere institucionalizar programas de restauración dentro de los marcos de planificación municipal y vincularlos con las metas nacionales de adaptación.

En Kenia, los condados incorporan la restauración de ecosistemas en la entrega de infraestructura municipal, asegurando que los nuevos proyectos urbanos incluyan amortiguadores ecológicos. Los instrumentos incluyen el Programa Nacional de Bosques y las iniciativas de reforestación a nivel de condado. Estos son coherentes con el sistema de gobernanza descentralizada de Kenia, pero la armonización con las narrativas nacionales podría mejorar al incluir indicadores de restauración en el marco de monitoreo de las NDC de Kenia.

3.3 Capacidad de Acción Social

La capacidad de acción social depende de la gobernanza, la participación y el aprendizaje social. **En Colombia**, los marcos de gobernanza multinivel vinculan la política climática nacional con la planificación municipal. Los instrumentos incluyen el Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), que coordina la acción climática entre ministerios y municipios, y procesos de planificación participativa en Bogotá y Medellín. Estos instrumentos son coherentes con la narrativa climática centralizada de Colombia, pero podrían fortalecerse incorporando la gobernanza participativa en los marcos de implementación de las NDC, asegurando que las voces locales den forma a los compromisos climáticos nacionales.

En Perú, la adaptación comunitaria se enfatiza en ciudades vulnerables al fenómeno de El Niño. Los instrumentos incluyen el Plan Nacional de Adaptación, que integra inclusión social y reducción de la pobreza en las estrategias de resiliencia, y procesos de presupuestos participativos municipales. Aunque coherente con la política climática nacional de Perú, la capacidad de acción social podría fortalecerse armonizando las iniciativas de adaptación comunitaria con las metas de las NDC, asegurando que las acciones locales contribuyan a las narrativas climáticas centralizadas.

En Kenia, los gobiernos urbanos utilizan las Directrices para la Preparación de Perfiles de Riesgo Climático Urbano desarrolladas por el Centro Global de Adaptación para construir capacidad técnica local y empoderar a las comunidades. Los instrumentos incluyen fondos climáticos de condado y procesos de planificación participativa. Estos son coherentes con el sistema de gobernanza descentralizada de Kenia, pero la armonización con las narrativas nacionales podría mejorar al incluir indicadores de acción social en el marco de monitoreo de las NDC de Kenia.

3.4 Huella Ecológica

Reducir las huellas ecológicas requiere instrumentos que aborden el consumo, los desechos y la dependencia de recursos. **En Colombia**, los centros urbanos experimentan con estrategias de economía circular para reducir residuos y uso de recursos, respaldados por la Estrategia Nacional de Economía Circular. Estos instrumentos son coherentes con la política climática nacional de Colombia, pero podrían fortalecerse integrando evaluaciones de huella ecológica en los marcos de planificación municipal y vinculándolos con el monitoreo de las NDC.

En Perú, el Ministerio del Ambiente promueve políticas de transporte sostenible y gestión de residuos en Lima, con el objetivo de reducir la huella ecológica de la ciudad. Los instrumentos incluyen las Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs) para transporte y residuos, y la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Aunque coherente con los compromisos de las NDC de Perú, la reducción de la huella ecológica sigue fragmentada entre sectores. Fortalecer la coherencia requiere integrar evaluaciones de huella en los planes metropolitanos de uso del suelo y vincularlos con los marcos nacionales de monitoreo.

En Kenia, los condados incorporan estándares de eficiencia de recursos en proyectos de infraestructura municipal, respaldados por el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Los instrumentos incluyen fondos climáticos de condado y políticas de consumo sostenible. Estos son coherentes con el sistema de gobernanza descentralizada de Kenia, pero la armonización con las narrativas nacionales podría mejorar al incluir indicadores de huella ecológica en el marco de monitoreo de las NDC de Kenia.

3.5 Síntesis

En Colombia, Perú y Kenia, los cuatro pilares de resiliencia — biodiversidad, reversibilidad, capacidad de acción social y huella ecológica — se están integrando en la gobernanza climática y la planificación urbana mediante diversos instrumentos. Sin embargo, estos instrumentos a menudo permanecen fragmentados, implementados a nivel municipal o de proyectos sin integración sistemática en las estrategias climáticas nacionales.

La fragmentación surge porque las NDC están orientadas principalmente a la mitigación, enfocándose en la reducción de emisiones mientras que la adaptación y la resiliencia reciben menos atención sistemática. Este desequilibrio crea una brecha entre las iniciativas locales de resiliencia y las narrativas climáticas nacionales. Por ejemplo, los corredores de biodiversidad en Bogotá o la protección de humedales en Lima contribuyen a la adaptación, pero no están explícitamente vinculados a las metas nacionales de mitigación. De manera similar, los proyectos de restauración a nivel de condado en Kenia fortalecen la resiliencia local pero no están sistemáticamente incorporados en los marcos de monitoreo de las NDC nacionales.

Para construir armonización, los pilares de resiliencia deben incorporarse en las NDC como elementos transversales que apoyen tanto la mitigación como la adaptación. La conservación de la biodiversidad contribuye a la captura de carbono (mitigación) mientras mejora los servicios ecosistémicos que protegen a las comunidades contra impactos climáticos (adaptación). La reversibilidad mediante programas de restauración reduce emisiones de tierras degradadas mientras fortalece umbrales ecológicos. La capacidad de acción social asegura que las políticas de mitigación sean socialmente inclusivas y políticamente viables, mientras que la reducción de la huella ecológica alinea los patrones de consumo con los objetivos de reducción de emisiones y adaptación. Al enmarcar los pilares de resiliencia como instrumentos de doble propósito, las NDC pueden integrarlos en las estrategias climáticas nacionales sin diluir su enfoque en la mitigación.

Fortalecer la coherencia requiere tres pasos. Primero, los indicadores de resiliencia deben incorporarse en los marcos de monitoreo de las NDC, asegurando que biodiversidad, reversibilidad, acción social y huellas ecológicas se rastreen junto con la reducción de emisiones. Segundo, los presupuestos y procesos de planificación municipales deben alinearse con las estrategias climáticas nacionales, creando integración vertical entre iniciativas locales y narrativas centralizadas. Tercero, la adaptación y la mitigación deben tratarse como dominios complementarios en lugar de separados. Instrumentos como la adaptación basada en ecosistemas, las estrategias de economía circular y la gobernanza participativa pueden reducir simultáneamente las emisiones y construir resiliencia, cerrando la brecha entre la acción local y los compromisos nacionales.

En resumen, aunque Colombia, Perú y Kenia han comenzado a integrar los pilares de resiliencia en la gobernanza climática y la planificación urbana, la coherencia con las políticas nacionales y las NDC sigue siendo parcial. Incorporar la resiliencia en las NDC como instrumentos de doble propósito para mitigación y adaptación ofrece una vía hacia la armonización, asegurando que la acción climática fortalezca tanto los sistemas ecológicos como la cohesión social.

4. Conclusión

La resiliencia socio-ecológica es un concepto crítico para la sostenibilidad. Se refiere a la capacidad de los sistemas para absorber perturbaciones, adaptarse a condiciones cambiantes y transformarse de manera que mantengan funciones esenciales. La resiliencia surge de la interacción entre procesos ecológicos y estructuras sociales, y requiere enfoques integrados que incorporen biodiversidad, reversibilidad, capacidad de acción social y huella ecológica en el diseño sistémico.

El desafío radica en evitar la sostenibilidad débil, donde el capital natural se sustituye por capital manufacturado, generando dependencia de ecosistemas externos. Muchos centros urbanos ya superan la capacidad de carga local, dependiendo de ecosistemas distantes para obtener recursos. La resiliencia exige reconocer los límites de la sustitución e incorporar umbrales ecológicos en los arreglos de gobernanza. También requiere cambios culturales que reconecten a las sociedades con sus entornos, fomentando el aprendizaje social y la acción colectiva.

Los ejemplos de Colombia, Perú y Kenia muestran que los pilares de resiliencia pueden avanzar mediante la conservación de la biodiversidad, la restauración de ecosistemas, la gobernanza participativa y las políticas de

consumo sostenible. Sin embargo, estos instrumentos deben ampliarse e integrarse en las estrategias climáticas nacionales y la planificación urbana local. Incorporar la resiliencia en las NDC, los presupuestos municipales y los marcos de planificación asegura que la acción climática no se limite a la reducción de emisiones, sino que también implique una transformación sistémica.

En conclusión, la resiliencia es tanto una propiedad ecológica como social. Depende de la biodiversidad, la gobernanza, el aprendizaje social, la reversibilidad y la huella ecológica. Al integrar estos pilares en la gobernanza climática y la planificación urbana, las sociedades pueden ir más allá de la adaptación hacia la transformación, garantizando la sostenibilidad frente al acelerado cambio global. La resiliencia no es, por tanto, solo un concepto teórico, sino un imperativo práctico para la sostenibilidad.

Limitaciones

Aunque este documento desarrolla un marco conceptual para la resiliencia socio-ecológica y lo aplica a estudios de caso en Colombia, Perú y Kenia, persisten varias limitaciones. Primero, el marco es principalmente teórico y se basa en fuentes secundarias; la validación empírica mediante indicadores cuantitativos y datos longitudinales fortalecería su aplicabilidad. Segundo, los estudios de caso destacan instrumentos a nivel nacional y municipal, pero no capturan completamente la diversidad de contextos locales ni los arreglos de gobernanza informal que a menudo moldean los resultados de resiliencia. Tercero, la integración de los pilares de resiliencia en las NDC se discute de manera conceptual, pero los desafíos políticos e institucionales de incorporar la adaptación junto con la mitigación son complejos y requieren mayor exploración. Finalmente, el marco enfatiza las sinergias entre pilares, pero operacionalizar estas sinergias en la práctica puede enfrentar compensaciones, limitaciones de recursos y fragmentación de la gobernanza que solo se abordaron parcialmente aquí. Estas limitaciones sugieren la necesidad de futuras investigaciones que combinen estudios empíricos comparativos, enfoques participativos y análisis de políticas para refinar y probar el marco en diversos entornos socio- ecológicos.

5. Direcciones Futuras de Investigación

A partir de las limitaciones identificadas, la investigación futura debería centrarse en probar empíricamente y refinar el marco de resiliencia socio-ecológica en diversos contextos. Estudios de caso comparativos que examinen cómo la biodiversidad, la reversibilidad, la capacidad de acción social y la huella ecológica interactúan en diferentes entornos urbanos y rurales proporcionarían información valiosa sobre las sinergias y compensaciones entre pilares. Los estudios longitudinales podrían ayudar a capturar la naturaleza dinámica de la resiliencia, particularmente cómo los ecosistemas y los sistemas sociales se reorganizan después de perturbaciones.

La investigación futura también debería explorar cómo los pilares de resiliencia pueden operacionalizarse dentro de las estrategias climáticas nacionales y los marcos de las NDC. Dado que las NDC siguen estando orientadas principalmente a la mitigación, es necesario investigar mecanismos prácticos para incorporar indicadores de adaptación y resiliencia en los sistemas de monitoreo y reporte. Esto incluye examinar cómo iniciativas locales, como la adaptación comunitaria o los programas municipales de restauración, pueden ampliarse y armonizarse con las narrativas centralizadas.

Otra dirección prometedora es la integración de dimensiones de equidad y justicia en los marcos de resiliencia. Los estudios futuros deberían evaluar cómo las políticas de resiliencia afectan a las poblaciones vulnerables y cómo la gobernanza participativa puede garantizar que las estrategias de adaptación y mitigación sean socialmente inclusivas. Finalmente, los enfoques interdisciplinarios que combinen ciencia ecológica, teoría social y análisis de políticas serán esenciales para avanzar en la resiliencia como constructo teórico y como herramienta práctica para la sostenibilidad.

Referencias

- Alberti, M., & Marzluff, J. (2004). Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*, 7(3), 241–265.
- Clark, W. C., & Munn, R. E. (1986). *Sustainable development of the biosphere*. Cambridge University Press.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557–581.
- Giddens, A. (1987). *Social theory and modern sociology*. Stanford University Press.
- Gunderson, L. H. (2003). Adaptive dancing: Interactions between social resilience and ecological crises. *Ecology and Society*, 8(1), 20.
- Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (2001). *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press.
- Hamann, M., Biggs, R., & Reyers, B. (2015). Mapping social–ecological systems: Identifying ‘green infrastructure’ for water security. *Global Environmental Change*, 34, 130–141.
- Holling, C. S. (2000). The resilience of terrestrial ecosystems: Local surprise and global change. In L. H. Gunderson & C. S. Holling (Eds.), *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems* (pp. 63–102). Island Press.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- 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. Cambridge University Press.
- Jamal, T., Leck, H., & Simon, D. (2025). Urban governance and climate resilience: Pathways for inclusive adaptation. *Urban Climate*, 49, 101–118.
- Levin, S. A. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems*, 1(5), 431–436.
- Liu, J., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Luck, G. W. (2007). Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity. *Nature*, 421(6922), 530–533.
- Maseyk, F. J. F., Mackay, A. D., Possingham, H. P., & Dominati, E. J. (2017). A framework for translating ecosystem services into a commodity for use in policy. *Ecosystem Services*, 27, 370–380.
- Meyer, W. B., & Turner, B. L. (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 39–61.
- Pelling, M. (2011). *Adaptation to climate change: From resilience to transformation*. Routledge.
- Paine, R. T. (1966). Food web complexity and species diversity. *American Naturalist*, 100(910), 65–75.
- Rees, W., & Wackernagel, M. (2008). Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable — and why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4–6), 223–248.
- Rodríguez, J. P., et al. (2006). Tradeoffs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and Society*, 11(1), 28.
- Suárez, M., Gómez, J., & Wackernagel, M. (2016). Urban ecological footprints in Latin America: Challenges for governance and planning. *Ecological Indicators*, 70, 482–491.

- UN-Habitat. (2020). *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*. United Nations Human Settlements Programme.