

Territorios 54 / Bogotá, 2026, pp. 1-18
ISSN: 0123-8418
ISSNe: 2215-7484

Resiliencia espacial y cambio climático. Aportes metodológicos, técnicos y de métricas

Spatial Resilience and Climate Change. Methodological, Technical and Metric Contributions

Resiliência espacial e mudança climática: contribuições metodológicas, técnicas e métricas

Ricardo Castro-Díaz*
Daniel Rozas**
Anderson Vieira***

Recibido: 12 de marzo de 2024
Aprobado: 21 de agosto de 2025
<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.14280>

Para citar este artículo

Castro-Díaz, R., Rozas, D., & Vieira, A. (2026). Resiliencia espacial y cambio climático. Aportes metodológicos, técnicos y de métricas. *Territorios*, (54), 1-18. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.14280>

Sección general

* Escuela de Planeación Urbano-Regional, Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín. Correo electrónico: ircastrod@unal.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7089-5485>

** Laboratorio de Planificación Territorial, Universidad Católica de Temuco (Chile). Correo electrónico: danielrozaz@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6730-6114>

*** Universidade Federal da Paraíba (Brasil) e Universidade Nacional da Colômbia-sede Medellín. Correo electrónico: ahenrique@unal.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8999-0044>

Palabras clave

*Resiliencia espacial;
cambio climático;
marcos conceptuales;
literatura científica.*

Keywords

*Spatial resilience;
climate change;
frameworks; scientific
literature.*

Palavras-chave

*Resiliência espacial;
mudança climática;
marcos conceituais;
literatura científica.*

RESUMEN

Esta investigación presenta un análisis conceptual sobre la resiliencia espacial ante el cambio climático. Inicia con una contextualización teórica de la resiliencia espacial y la búsqueda bibliográfica sobre el tema, identificando doce artículos conceptuales. Se genera una clasificación empírica de estos artículos en tres categorías: objetivo, resultado y enfoque. Los resultados muestran que los estudios espaciales se orientan a la evaluación cuantitativa; los socioecológicos, a marcos teóricos; y los de modelamiento, a diversos propósitos. Se discuten los aportes de marcos conceptuales sobre integración de disciplinas; el uso de herramientas cuantitativas y modelos espaciales para medir resiliencia; y construcciones teóricas como adaptación, incertidumbre, umbrales, escenarios climáticos, entre otros conceptos vinculados. Se concluye que la resiliencia espacial es un concepto clave ante el cambio climático, con múltiples perspectivas teóricas y prácticas que requieren integración interdisciplinaria entre las ciencias naturales y sociales.

ABSTRACT

The article presents a conceptual analysis of spatial resilience to climate change. It begins with a theoretical contextualization of spatial resilience and a literature search on the subject, identifying twelve conceptual articles. An empirical classification of these articles is generated in three categories: objective, result and approach. The results show that spatial studies are oriented to quantitative assessment, socio-ecological studies to theoretical frameworks and modeling studies to various purposes. The contributions of conceptual frameworks on the integration of disciplines, the use of quantitative tools and spatial models to measure resilience, and theoretical constructs such as adaptation, uncertainty, thresholds, climate scenarios, among other related concepts, are discussed. It is concluded that spatial resilience is a key concept in the face of climate change, with multiple theoretical and practical perspectives that require interdisciplinary integration between natural and social sciences.

RESUMO

Esta pesquisa apresenta uma análise conceitual sobre a resiliência espacial diante das mudanças climáticas. Inicia com uma contextualização teórica da resiliência espacial e uma busca bibliográfica sobre o tema, identificando doze artigos conceituais. É gerada uma classificação empírica desses documentos em três categorias: objetivo, resultado e enfoque. Os resultados mostram que os estudos espaciais se orientam para a avaliação quantitativa; os socioecológicos, para marcos teóricos; e os de modelagem, para diversos propósitos. Discutem-se as contribuições dos marcos conceituais sobre a integração de disciplinas; o uso de ferramentas quantitativas e modelos espaciais para medir a resiliência; e construções teóricas como adaptação, incerteza, limiares, cenários climáticos, entre outros conceitos relacionados. Conclui-se que a resiliência espacial é um conceito fundamental diante das mudanças climáticas, com múltiplas perspectivas teóricas e práticas que requerem integração interdisciplinar entre as ciências naturais e sociais.

Introducción

Tradicionalmente, la resiliencia ha sido entendida como la capacidad de resistencia de los sistemas, desde una perspectiva que la concibe como fortaleza o característica asociada a la aplicación de fuerzas frente a un evento alterante (Cumming, 2011). Esta perspectiva proviene principalmente de la ciencia física, cuando se refiere a la elasticidad material o energética de un elemento para regresar a su estado inicial. Siendo un término que también se puede encontrar relacionado en la ecología a partir de las contribuciones comprendidas por la teoría general de sistemas, como la capacidad de respuesta de un ecosistema ante un fenómeno desequilibrador (Castro-Díaz, 2017).

Por ello, la comprensión de la resiliencia desde la particularidad de la categoría espacial se puede considerar como un concepto asociado a la capacidad de los territorios y sistemas geográficos para resistir, adaptarse y recuperarse ante eventos disruptivos, ya sean internos o externos (Cumming, 2011). Cabe destacar que los eventos a los que se refiere Cumming (2011) pueden estar relacionados con procesos disfuncionales dentro del propio sistema o pueden ser causados por agentes externos o “extrasistémicos”, lo que conlleva revelar que existen variaciones constantes en los factores que hacen sostenibles o afectan la sostenibilidad de las estructuras de los sistemas, garantizando la debida preparación ante factores

disruptores como el cambio climático (Bahadur *et al.*, 2013), los desastres en los ecosistemas (Cumming, 2011) o sus potencialidades en la planeación espacial (White & O’Hare, 2014).

Esta polisemia disciplinar muestra que existe un amplio espectro de concepciones que indican que la racionalización conceptual de la resiliencia va en función del objeto de estudio y de las variables por considerar. Por su parte, las ciencias sociales han moldeado la interacción de este concepto con la realidad de tantas formas que, prácticamente, la resiliencia ha adquirido un rasgo específico según la dinámica de estudio, adoptando formas como la resiliencia psicológica, sociológica, histórica y espacial (Olsson *et al.*, 2015).

El foco de análisis de este artículo aborda la resiliencia desde una conceptualización espacial en relación con la necesidad de comprender los procesos de conceptualización epistemológica territorial frente al cambio climático, utilizada principalmente en el ámbito de las ciencias geográficas y observada desde la teoría de la dependencia espacial en geografía (Rezaeian *et al.*, 2007).

Ello involucra las condiciones espaciales de la resiliencia como una dimensión que condiciona la respuesta de los sistemas sionaturales a situaciones críticas de diversa índole. Esta perspectiva reconoce que los territorios y sistemas socioecológicos no son entidades estáticas, sino que están en constante interacción y transformación, lo que los obliga

a adaptarse continuamente a una serie de perturbaciones (White & O'Hare, 2014; Castro-Díaz, 2017; Sellberg *et al.*, 2018).

Por ello, se parte desde la comprensión de la resiliencia espacial, no limitada únicamente a la capacidad de resistencia pasiva, sino a su capacidad de adaptación proactiva y de transformación ante nuevas circunstancias (Quinlan *et al.*, 2016). Algo que tal vez requiere de una comprensión profunda de las dinámicas espaciales, de las interdependencias entre los diferentes componentes del sistema territorial (físico, social, económico, ambiental, etc.) y de la capacidad de anticipar y responder de manera efectiva a los cambios, tal como lo mencionan Quinlan *et al.* (2016).

Cabe aclarar que la resiliencia no es un simple término que establece una característica física, sino que es el resultado interactivo de factores clave que contribuyen a la resiliencia espacial desde una perspectiva diversa y redundante (iterativa) de los sistemas de infraestructura, de la cohesión social y la participación comunitaria, de la gestión sostenible de los recursos naturales, de la capacidad de innovación y de la gobernanza eficiente a múltiples escalas (Pascariu *et al.*, 2023). Incluso, se ha planteado como una estrategia clave, ya que evidencia la capacidad de aprender de las experiencias pasadas y así adaptar las estrategias de planificación y gestión territorial (Sellberg *et al.*, 2018).

A partir de una reflexión basada en el análisis bibliográfico como técnica

principal, este artículo busca identificar las bases conceptuales fundamentales en la comprensión y abordaje de los desafíos que enfrentan los territorios y sistemas geográficos en un mundo cada vez más complejo y cambiante a través de la perspectiva de la resiliencia espacial. Ello se fundamenta en la idea de un enfoque interdisciplinario que integre conocimientos de diversas áreas, incluyendo la geografía, la ecología, la planificación urbana y regional, la ingeniería, las ciencias sociales y las ciencias de la complejidad, entre otras, para entender sus posibles aplicaciones e, incluso, avanzar en una epistemología del territorio, considerada un factor clave en los estudios contemporáneos.

1. Datos y métodos

La metodología se circunscribe en una revisión sistemática de literatura científica, a partir de los artículos disponibles en la base de datos Scopus™. La recopilación de documentos se llevó a cabo el 18 de enero de 2024, utilizando como sintaxis de búsqueda el concepto “spatial resilience” AND “climate change”. Como resultado, se obtuvo un total de 140 artículos publicados a partir del año 2000.

A partir del filtrado, el número final de documentos por ser analizados alcanzó 24 artículos que cumplieran con la referencia explícita a ‘artículos’ sobre conceptos, teoría o marcos de análisis de la resiliencia espacial vinculada al cambio climático.

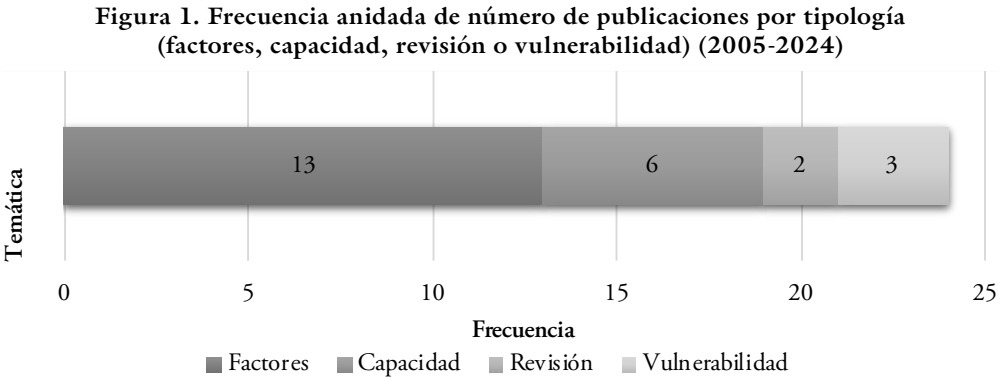
Aquellas publicaciones que no cumplían con estas características no fueron tenidas en cuenta para este análisis, al no involucrar cuestiones epistemológicas tratadas en profundidad. El número de artículos rechazados en este filtrado fue de 116, que correspondían, principalmente, a aplicaciones de análisis cuantitativos o estudios de caso sobre la resiliencia espacial.

Luego de revisar cada uno de ellos, se generaron grupos asociados a los temas centrales de abordaje de cada publicación, lo que sirvió para clasificar según correspondiera tipológicamente en: i) conceptual o teórico; ii) experimentales: referidos a las interacciones de factores sociedad-naturaleza; iii) evaluación de la resiliencia; iv) gestión de los elementos biofísicos o recursos naturales para la resiliencia; v) prospectiva en la planificación para la resiliencia; y vi) impacto asociado al cambio climático

Se trata entonces de un número reducido de documentos sobre el tema de

resiliencia espacial al cambio climático (figura 1). El primero de ellos fue publicado en el año 2005, y se pueden identificar, entre estos 24 documentos, cuatro temáticas que corresponden a la agrupación empírica según la perspectiva que cada uno de ellos abordaba: i) factores de resiliencia espacial; ii) capacidad de respuesta; iii) revisión de casos de estudio o artículos conceptuales; y iv) vulnerabilidad de socioecosistemas.

La figura 1 señala la frecuencia de las 24 publicaciones de corte conceptual provenientes de la base de datos de Scopus. Se muestra una prevalencia por artículos relacionados con la mención de factores que hacen a la resiliencia espacial y seguido por las aproximaciones para entender la capacidad de respuesta. Las otras dos categorías menores representan análisis de revisión y otros cercanos a la compleja relación entre resiliencia y vulnerabilidad (Castro-Díaz & Natenzon, 2018; Massachesi & Castro-Díaz, 2023).



Fuente: elaboración de los autores.

De manera casi paralela, se realizó una búsqueda similar en Web of Science™ (WoS), la cual es una base de datos muy similar a Scopus, pero con menor número de revistas por ser de mayor categorización por indexación. Esta búsqueda fue llevada a cabo el 20 de enero de 2024, usando los términos “spatial resilience” AND “climate change”, mostrando un total de 36 documentos, de los cuales se identificaron 15 de ellos como de tipo ‘conceptual’.

Gracias a este ejercicio de cruce en ambas bases de datos (Scopus y WoS), se encontraron coincidencias en las publicaciones seleccionadas. Así, del total de los 24 artículos de Scopus y de los 15 de WoS, 16 de ellos tuvieron coincidencias; y, finalmente, se efectúa un último filtrado experto usando el cuerpo de los resúmenes que logran mostrar la característica necesaria para ser considerado como de aporte epistemológico al concepto de resiliencia.

Esta característica se definió a partir de los resultados de cada artículo frente a contribuciones, análisis o aportes de tipo epistemológico o metodológico sobre el término de resiliencia espacial ante el cambio climático. El número final luego del análisis experto fue de doce artículos de corte conceptual relacionados con la definición, abordaje o aproximaciones del término de resiliencia espacial.

Como forma de establecer un criterio adicional de comprensión sobre la tipología de estos doce artículos, se utilizó

la tabla 1 como síntesis de las categorías empíricas asociadas con el tipo de análisis conceptual de dichas publicaciones. Estas categorías empíricas se establecieron a partir del análisis experto humano que permitía identificar agrupamientos en relación con su contribución científica sobre el territorio.

Las clases identificadas son: i) evaluación, *framework* o gobernanza; u, orientado al resultado de la resiliencia espacial frente al cambio climático en: ii) modelo o índice, revisión o gestión; y, por último, en el tipo de enfoque principal del artículo, si estaba dirigido hacia: iii) socioecosistemas, análisis espacial o modelamiento. Esta síntesis también es visible en la gráfica aluvial (figura 2) elaborada usando el servicio *online* de RAWGraphs 2.0 (disponible en <https://app.rawgraphs.io/>).

2. Resultados

Se encontró que las publicaciones analizadas hacen referencia específicamente a marcos conceptuales o análisis de reflexión sobre la resiliencia espacial frente al cambio climático a partir del año 2011, en comparación con los primeros estudios de caso que surgieron desde el año 2005, destinados a estudios de caso sobre resiliencia espacial.

La tabla 2 presenta las principales características a manera de síntesis de las doce publicaciones seleccionadas en torno a la resiliencia espacial y el cambio

Tabla 1. Método de clasificación de artículos conceptuales sobre el tema de resiliencia espacial y cambio climático

Temática	Clasificación	Descripción
Enfoque	Socioecosistemas (SES)	Enfoque socioecológico
	Espacial	Análisis espacial
	Modelamiento	Modelo o simulación
Objetivo	Evaluación	Medición o evaluación de elementos resilientes
	Marco conceptual	Marco teórico o conceptual sobre la resiliencia
	Gobernanza	Sistemas de mejoramiento o inclusión de la resiliencia
Resultado	Modelo o índice	Medición cuantitativa de la resiliencia
	Revisión	Análisis conceptual sobre la resiliencia
	Gestión	Consideraciones de gestión para la resiliencia

Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 2. Características principales de los artículos definidos como conceptuales en torno a la resiliencia espacial al cambio climático

Artículo	Enfoque	Objetivo	Resultado
Flaxman y Vargas-Moreno (2011)	Acciones de planificación bajo contextos de incertidumbre.	Estrategia <i>spatial resilience planning</i> (SRP).	Simulaciones participativas y modelos espaciales para incertidumbres.
Zurlini <i>et al.</i> (2013)	Causalidad antrópica.	Análisis de factores entrópicos.	Capacidad adaptativa de SES a partir del análisis entrópico.
Allen <i>et al.</i> (2016)	Perspectiva espacial sobre la resiliencia sistémica.	Comprensión de cambios abruptos no lineales ante superación de la resiliencia.	Resiliencia ecológica y nuevos equilibrios estructurales y funcionales sistémicos.
Streit <i>et al.</i> (2019)	Resiliencia comunitaria y vulnerabilidad a escala local.	Explorar la exposición acumulativa, la justicia climática y el riesgo a inundaciones.	Modelo conceptual básico ante riesgo climático, efecto de desfase temporal de la capacidad comunitaria, clasificación urbana-rural, exposición acumulativa integrada, agrupación espacial de riesgos.

territorios 54

Artículo	Enfoque	Objetivo	Resultado
Rao <i>et al.</i> (2019)	Integración de variabilidad climática en la medición de la sostenibilidad agrícola.	Capacidad de adaptación y construcción de resiliencia para amenazas del cambio climático.	Indicadores validados para sostenibilidad agrícola y modelo Climate Risk Management Package for Agriculture (CRMPA).
Li <i>et al.</i> (2020)	Integración de multiperspectivas y multiescalas para la sostenibilidad de SES resilientes.	Integración multidisciplinaria para el bienestar y sostenibilidad de los SES.	Marco analítico interdisciplinario sobre la resiliencia (mecanismos, evaluación y gestión).
Lu <i>et al.</i> (2021)	Integración de la ecología del paisaje y resiliencia urbana.	Integración de la resiliencia en espacios urbanos y su relación.	Factores y elementos espaciales urbanos en un marco teórico de resiliencia espacial urbana: escala, estructura, forma, función y red.
Harwood <i>et al.</i> (2022)	Gestión adaptativa de la biodiversidad frente al cambio climático.	Desarrollo del Spatial Resilience Index para medir la capacidad de los paisajes para retener biodiversidad ante escenarios de cambio climático.	Evaluación potencial de paisajes para biodiversidad (hábitat) a través del Spatial Resilience Index.
Carper <i>et al.</i> (2022)	Modelamiento biofísico y socioeconómico para la evaluación de las políticas para la resiliencia a través de la toma de decisiones.	Evaluación de eficacia de medidas políticas para la resiliencia usando variables agroecológicas.	Políticas como la recolección de agua lluvia son las más eficientes para la resiliencia. Modificaciones de infraestructura hidráulica. Políticas de riego y mejoramiento aumentan la resiliencia.
Pascariu <i>et al.</i> (2023)	La epistemología de la resiliencia posee tres dominios: 1. Escalar 2. Institucional 3. Espacial	Revisión para determinar la contribución de enfoques al desarrollo y a la planificación espacial y territorial.	Dominios científicos y enfoques teóricos y político-instrumentales sobre la resiliencia espacial.
Rodriguez <i>et al.</i> (2022)	Clasificación de unidades geográficas a través de características desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).	Marco para establecer un índice de resiliencia ante un desastre global (heterogéneo).	Agrupamiento de países por ODS para el índice de resiliencia usando el método Delphi.

Artículo	Enfoque	Objetivo	Resultado
Asadzadeh <i>et al.</i> (2023)	Revisión de los sistemas de gobernanza y planificación actuales sobre las dimensiones: funcionales, sociales, políticas, institucionales, ecológicas, tecnológicas, legales y financieras, para su operacionalización.	Fortalecimiento de sistemas de gobernanza y planificación urbana para la resiliencia ante escenarios de cambio climático, reducción de riesgos y desarrollo sostenible.	Características clave para los sistemas de gobernanza y planificación urbana: 1. visión y cambio de rumbo; 2. colaboración y liderazgo; 3. creatividad y agilidad; y 4. experimentación e integración.

Fuente: elaboración de los autores.

climático. Cabe destacar que muestran una amplia diversidad frente al enfoque, objetivo y resultados obtenidos, que se asocian con la idea polisémica disciplinar de la resiliencia espacial.

En la tabla 2 se exponen los artículos de orden conceptual que fueron considerados por sus aportes a la resiliencia espacial frente al cambio climático. En términos generales, se puede establecer una variabilidad de perspectivas sobre la forma y orientación del enfoque al tema. Algunos casos presentan metodologías prácticas para determinar la resiliencia espacial a partir de aproximaciones tales como la estrategia *spatial resilience planning* (Flaxman & Vargas-Moreno, 2011), el modelo conceptual de clasificación urbana-rural (Streit *et al.*, 2019), el modelo Climate Risk Management Package for Agriculture (CRMPA) o el Índice de Resiliencia Espacial (Harwood *et al.*, 2022).

La tabla 3 indica el resultado de la clasificación según el método de clasificación estipulado en la tabla 1, de acuerdo

con la tipología de enfoque, objetivo y resultado. Además, se ofrece en la figura 2 un gráfico aluvial que permite entender la trayectoria cruzada de las publicaciones frente a las clases definidas en la tabla 1.

Tabla 3. Clasificación de artículos según enfoque, objetivo y resultado de acuerdo con clasificación (método indicado en tabla 1)

Artículo	Enfoque	Objetivo	Resultado
Flaxman y Vargas-Moreno (2011)	Modelamiento	Evaluación	Gestión
Zurli-ni <i>et al.</i> (2013)	Socioeco-sistemas (SES)	Evaluación	Modelo o índice
Allen <i>et al.</i> (2016)	SES	Marco conceptual	Revisión
Streit <i>et al.</i> (2019)	Espacial	Evaluación	Modelo o índice
Rao <i>et al.</i> (2019)	Modelamiento	Evaluación	Modelo o índice
Li <i>et al.</i> (2020)	SES	Marco conceptual	Revisión

Artículo	Enfoque	Objetivo	Resultado
Lu <i>et al.</i> (2021)	Espacial	Marco conceptual	Revisión
Harwood <i>et al.</i> (2022)	Espacial	Evaluación	Modelo o índice
Carper <i>et al.</i> (2022)	Modela- miento	Evaluación	Gestión
Pasca- riu <i>et al.</i> (2023)	Espacial	Marco conceptual	Revisión
Rodri- quez <i>et al.</i> (2022)	Espacial	Evaluación	Modelo o índice
Asadza- deh <i>et al.</i> (2023)	ses	Gobernan- za	Gestión

Fuente: elaboración de los autores.

De la tabla 3 y la figura 2, se puede establecer que los artículos clasificados como ‘espacial’ están principalmente dirigidos a la ‘evaluación’ de la resiliencia para la generación de ‘modelos e índices’. Aquellos que están referidos a la clase ‘SES’ están orientados al desarrollo de ‘marcos conceptuales’ para la síntesis de ‘revisión’ de la temática. Mientras que aquellos que están enfocados en el ‘modelamiento’ se distribuyen principalmente a la ‘evaluación’, dirigidos para la “gestión”.

El diagrama aluvial (figura 2) permite determinar no solamente el agrupamiento de los artículos, sino también el nivel de coherencia epistemológica del enfoque de las aproximaciones. Esto muestra la

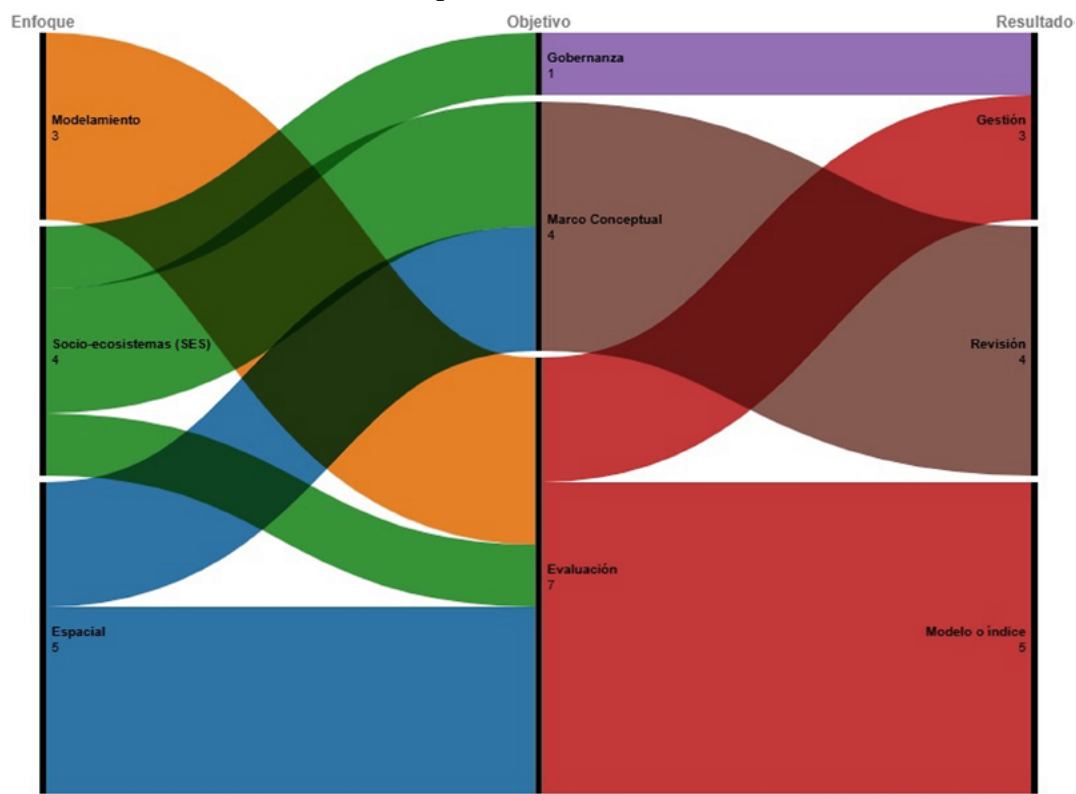
trayectoria de los enfoques de modelamiento que se mueven hacia la evaluación y la gestión principalmente. Mientras que el enfoque socioecológico tiende a ser más diverso, presentando el único que cumple el objetivo de gobernanza para la gestión territorial.

Por último, aquellos con enfoque de análisis espacial se comportan de la manera esperada, pasando por el objetivo de evaluación con resultado de modelo o índice. Esto parece indicar que las trayectorias conceptuales están presentes en la cuantificación de los factores que hacen a la resiliencia espacial, con grandes vacíos frente a su uso práctico en la gestión y la gobernanza territorial.

3. Discusión de resultados

Frente a la generación de marcos conceptuales (*i. e., frameworks*), los trabajos de Li *et al.* (2020), Pascariu *et al.* (2023), Rodriquez *et al.* (2022) y Asadzadeh *et al.* (2023) realizan interesantes aportes desde la identificación de interacciones de múltiples factores sobre la resiliencia espacial, incluso desde un formato interdisciplinario o multidimensional que permite generar ideas alrededor de la forma en que se pueden establecer los análisis de los atributos resilientes frente al cambio climático. Otros estudios se centran en aspectos relacionados con la resiliencia espacial a través de análisis de factores (Zurlini *et al.*, 2013; Lu *et al.*, 2021),

Figura 2. Diagrama aluvial basado en la clasificación de la tabla 1 para los artículos analizados



Fuente: elaboración de los autores.

cambios espaciales (Allen *et al.*, 2016) o medidas y su eficacia (Carper *et al.*, 2022).

Ello permite instaurar tres grandes dimensiones del abordaje de la resiliencia espacial frente al cambio climático. La primera se refiere a la aproximación a la cuestión conceptual usando los marcos conceptuales como plataforma inicial. La segunda dimensión vincula lo cualitativo y experimental como formas prácticas de

uso del término. Por último, la tercera dimensión refleja el propio interés de la construcción conceptual de la relación resiliencia-cambio climático.

Primera dimensión: frameworks o marcos conceptuales

Los mencionados *frameworks* o marcos conceptuales son aproximaciones o

territorios 54

perspectivas epistemológicas con la función de aglutinar teorías, prácticas y técnicas en torno a una temática específica (Sinclair, 2007). Aunque normalmente se relacionan con temas generales, también se vinculan a problemáticas que podrían ubicarse en los límites de la ciencia. No tienden a considerarse como teorías unificadoras en las ciencias sociales, sino desde las diversas fuentes de campos disciplinarios variables que pueden ayudar a comprender la cuestión problemática y su contexto (Castro-Díaz *et al.*, 2019). En ello, es importante recordar que, al tratarse de una aproximación asociada a diversas problemáticas, la teoría general de sistemas traducida disciplinarmente por la ecología ha sido fundamental como base estructural para el tema de la resiliencia espacial.

Marcos conceptuales presentados por Li *et al.* (2020), como el “marco analítico interdisciplinario”, buscan la integración de diversas disciplinas y sus escalas a fin de entender los mecanismos de estructuración de la resiliencia para la evaluación de sus componentes y para permitir su gestión. La perspectiva central está en la influencia que tiene la *conectividad espacial* de los elementos del paisaje, considerando aquellos con mejor conectividad como los de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad.

El metaanálisis desarrollado por Pascariu *et al.* (2023), en cambio, considera diferentes tipos de resiliencia: ecológica, económica, social y socioecológica. En

este orden, se establece que contribuyen hacia una resiliencia del desarrollo, de medidas, de gestión del riesgo y sistémica, para finalmente apoyarse en el análisis de diferencias espaciales usando indicadores de resiliencia, la aproximación espacial y de los sistemas espacio-territoriales como claves para las dimensiones espaciales de la resiliencia. Pascariu *et al.* (2023) logran determinar que existen ejes investigativos como tendencias en el estudio que pueden configurarse en:

1. Desarrollo de modelos de evaluación multiescala, multinivel y multiactor. Sin embargo, estos modelos aún no han sido operacionalizados para la formulación de modelos normativos como estrategias de planeación territorial.
2. Aproximación de adaptación evolutiva para aspectos territoriales específicos. De ello se derivan las concepciones de construcción de capacidades (Kim & Marcoullier, 2019), avance de saltos (Zhang *et al.*, 2019), capacidad transformativa, entre otros (Weichselgartner & Kelman, 2015), prosiliencia (Bogardi & Fekete, 2018), esta última referida a la capacidad resiliente del sistema en su propio progreso, como parte del ciclo prosiliencia (capacidad previa al choque), resiliencia (capacidad de respuesta) y presiliencia (capacidad de progresión). Un último concepto al cual se hace referencia es al propuesto por Taleb (2012), que considera los

límites de la resiliencia bajo el término de antifragilidad, como acepción de aprendizaje beneficioso para el sistema después del evento alterante. Incluso se analiza para la forma urbana (Sartorio *et al.*, 2021), los ecosistemas (Equihua *et al.*, 2020) y la planeación (Blečić & Cecchini, 2020).

3. Nuevos desafíos a partir del modelo de desarrollo social, como adaptación climática, crisis ambiental, inequidades sociales.
4. Inclusión de la perspectiva dinámica de la dimensión espacial para la resiliencia.
5. Planeación desde acciones individuales y de forma colectiva.

Segunda dimensión: las herramientas cuantitativas y el modelamiento espacial

Una de las cuestiones principales y que se observaron en los artículos analizados es el abordaje de la cuantificación de la resiliencia espacial. A este punto es importante reconocer que la característica espacial de la resiliencia se fundamenta en la dependencia espacial de los procesos sistémicos. En esto Castro-Díaz (2013) y Castro-Díaz *et al.* (2022) se refiere a que los elementos sistémicos de la relación productiva y retroalimentadora entre la sociedad y la naturaleza (*i. e.*, comunidad local y ecosistema) son los que permiten el reconocimiento de los umbrales sistémicos. Estos umbrales no son más que el

límite máximo de resistencia del sistema a los choques internos y externos, y se ven estructurados a razón del equilibrio existente entre las formas de producción territorial y la continuidad de los flujos ecológicos a corto y mediano plazo.

Dicha retroalimentación se observa en la capacidad de mantener la entropía previa a la disolución que presiona al sistema en razón de la capacidad del propio paisaje y de mantener una continuidad esperada, como lo analizan Zurlini *et al.* (2013), incluso del uso de indicadores de sostenibilidad agrícola que instituyeron Rao *et al.* (2019) a través del modelo CRMPA, Harwood *et al.* (2022) por medio del Spatial Resilience Index y Rodríguez *et al.* (2022) usando el método Delphi.

Este tipo de exploración de las características resilientes se lleva a cabo mediante la modelación espacial que, para el caso del presente artículo, es fielmente abordada por Flaxman y Vargas-Moreno (2011), usando simulaciones participativas, y por Carper *et al.* (2022), sobre las características biofísicas y socioeconómicas. En ambos casos se busca impactar la evaluación de políticas que propicien mejores contextos de resiliencia para los sistemas involucrados.

Tercera dimensión: la construcción conceptual de la resiliencia ante el cambio climático

La consideración de la resiliencia espacial frente al cambio climático se convierte,

por lo tanto, en un concepto fundamental a la hora de definir las condiciones bajo las cuales un sistema es resistente, las dinámicas *conocidas o establecidas* que pueden impactar al sistema y su aprendizaje para la prosiliencia, como lo mencionan Bogardi y Fekete (2018).

Diversos grupos de conceptos relacionados con la resiliencia desde la espacialidad son claves para abordar la cuestión climática contemporánea:

1. Adaptación: como un concepto que engloba las estrategias (Flaxman & Vargas-Moreno, 2011), la capacidad de recuperación ecológica (Streit *et al.*, 2019) y la capacidad sistémica (Rao *et al.*, 2019).
2. Incertidumbre y cambios no lineales (Flaxman & Vargas-Moreno, 2011; Allen *et al.*, 2016).
3. Escenarios de cambio climático (Flaxman & Vargas-Moreno, 2011; Harwood *et al.*, 2022) y los regímenes ecológicos alternativos (Allen *et al.*, 2016).
4. Métricas sobre las características de la resiliencia espacial, tales como umbrales (Allen *et al.*, 2016), exposición acumulativa (Streit *et al.*, 2019), sistemas socioecológicos (Rao *et al.*, 2019) y perturbaciones (Carper *et al.*, 2022).
5. Desastres de origen climático causados por la variabilidad del clima (Carper *et al.*, 2022), como amenazas (Rao *et al.*, 2019) y sus implicancias para

la ciencia (Rodríguez *et al.*, 2022), y la reducción de riesgos (Asadzadeh *et al.*, 2023).

6. Capacidad de retención de la biodiversidad (Harwood *et al.*, 2022).
7. Implicaciones para la gobernanza y la planificación urbana (Asadzadeh *et al.*, 2023), justicia climática (Streit *et al.*, 2019), desde la perspectiva norte-sur (Rodríguez *et al.*, 2022).

Conclusiones

El abordaje de la resiliencia espacial frente al cambio climático se puede considerar como un tema emergente de las ciencias basadas en el análisis espacial. Por ello, las diversas perspectivas teóricas y pragmáticas son esenciales para entender la complejidad a lo largo de los efectos del cambio climático y la respuesta de la sociedad ante los diversos choques intra y extrasistémicos.

A partir de una revisión sistémica usando las bases de datos mundiales más importantes sobre publicaciones científicas (ScopusTM y WoSTM), se logró obtener un número sintético de artículos referidos a la conceptualización de la resiliencia espacial frente al cambio climático. En ellos, los temas eran diversos frente a su tipología, que involucra los factores de resiliencia, capacidad de respuesta, revisión y vulnerabilidad. Se halló que aquellos vinculados a los dos primeros tipos contienen mayor desarrollo, siendo evidente

la cuantificación de la resiliencia como eje central de este proceso epistemológico de la conceptualización.

Entre los doce artículos que fueron seleccionados por el método experto, se analizó el enfoque, objetivo y resultados según categorías empíricas definidas con base en el universo de artículos. Se destaca el enfoque espacial, el objetivo de evaluación y el resultado de modelo o índice como parte de estos estudios. Esto se debe principalmente al interés científico cuantitativo del uso de la resiliencia espacial frente al cambio climático.

Sin embargo, se encontraron grandes vacíos relacionados con la gobernanza y la gestión, como objetivo y resultado, que implican la necesidad de reflexionar sobre el uso, enfoque y practicidad cualitativa de la resiliencia espacial frente a la toma de decisiones. Para futuras investigaciones, se recomienda realizar avances que tal vez solventen estos desafíos, ya que su desarrollo es vital para el cumplimiento de los ODS y de la sostenibilidad de los territorios.

Finalmente, se encontró que los artículos definen tres dimensiones de aproximación al término: i) generación de marcos conceptuales; ii) cuantificación y modelamiento espacial; y iii) construcción conceptual de la resiliencia ante el cambio climático.

De estos es destacable que las herramientas cuantitativas que generan modelos y simulaciones sobre los procesos y dinámicas, entendidos los primeros como

inherentes al sistema y las segundas como sus alteraciones, permiten explorar las múltiples respuestas que implican la existencia de diversos actores en un territorio. Incluso, la consideración del aspecto desastroso de los efectos del cambio climático puede suponer un escenario simulado sobre las consecuencias de los actos e impactos de los elementos sistémicos.

El desarrollo de marcos conceptuales (*i. e., frameworks*) que ayudan a conectar los avances epistemológicos de las disciplinas son claves a medida que las complejidades sistémicas sean exploradas y mayor número de indagaciones sean efectuadas sobre la necesidad de convertir nuestras sociedades y espacios en resilientes ante el cambio climático. Por ello, conceptos como la adaptación, umbrales sistémicos, incertidumbre e implicancias territoriales son elementales para construir estructuras teóricas integradas a escenarios materiales e inmateriales de las comunidades locales y sus espacios productivos.

De este análisis se puede concluir que son diversos los desafíos que enfrenta la adecuación conceptual de la resiliencia espacial que este artículo titula como de corte polisémico disciplinar. Nuevas investigaciones no solo deberían cubrir estos vacíos del abordaje cualitativo de la resiliencia espacial frente al cambio climático, sino permitir que su uso conceptual sea práctico y flexible para entender las diversas dinámicas socioterritoriales que se encuentran vulnerabilizadas por factores disruptores del sistema. Este texto no

solo abre el camino a la reflexión sobre el término de la resiliencia espacial, sino que señala bases de comprensión interdisciplinar que permitirían reducir las graves consecuencias de las actividades humanas sobre el clima global.

Referencias

- Allen, C. R., Angeler, D. G., Cumming, G. S., Folke, C., Twidwell, D., & Uden, D. R. (2016). Quantifying spatial resilience. *Journal of Applied Ecology*, 53, 625-635. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12634>
- Asadzadeh, A., Fekete, A., Khazai, B., Moghadas, M., Zebardast, E., Basirat, M., & Kötter, T. (2023). Capacitating urban governance and planning systems to drive transformative resilience. *Sustainable Cities and Society*, 96, 104637.
- Bahadur, A. V., Ibrahim, M., & Tanner, T. (2013). Characterising resilience: unpacking the concept for tackling climate change and development. *Climate and Development*, 5(1), 55-65.
- Blečić, I., & Cecchini, A. (2020). Antifragile planning. *Planning Theory*, 19(2), 172-192. <https://doi.org/10.1177/1473095219873365>
- Bogardi, J. J., & Fekete, A. (2018). Disaster-related resilience as ability and process: a concept guiding the analysis of response behavior before, during and after extreme events. *American Journal of Climate Change*, 7, 54-78.

- Carper, J. M., Alizadeh, M. R., Adamowski, J. F., & Inam, A. (2022). Climate variability in agroecosystems: a quantitative assessment of stakeholder-defined policies for enhanced socio-ecological resilience. *Agricultural Systems*, 201, 103416.
- Castro-Díaz, R. (2013). Implicancias de la resiliencia espacial en la prestación de servicios ambientales en cuencas norandinas. *Contribuciones Científicas GAEA*, 25, 71-87. ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/3871/CONICET_Digital_Nro.5141_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Castro-Díaz, R. (2017). Epistemología y pragmatismo en el análisis de los sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 7. <https://doi.org/10.24215/18537863e026>
- Castro-Díaz, R., & Natenzon, C. E. (2018). *The social vulnerability and ecosystem services feedback: approaching social-ecological analysis in water supply for Andean communities*. In World Social Science Forum “Security and Equality for Sustainable Futures”, Fukuoka, Japón. <https://www.crop.org/Viewfile.aspx?id=1524>
- Castro-Díaz, R., Delgado, L. E., Langle-Flores, A., Perevochtchikova, M., & Marin, V. H. (2022). A systematic review of social participation in ecosystem services studies in Latin America from a transdisciplinary perspective, 1996-2020. *Science of the Total Environment*, 828,

154523. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154523>
- Castro-Díaz, R., Perevochtchikova, M., Roulier, C., & Anderson, C. B. (2019). Studying social-ecological systems from the perspective of social sciences in Latin America. In L. Delgado & V. Marín (Eds.), *Social-ecological systems of Latin America: complexities and challenges* (pp. 73-93). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28452-7_5
- Cumming, G. S. (2011). *Spatial resilience in social-ecological systems*. Springer Science & Business Media.
- Equihua, M., Aldama, M. E., Gershenson, C., López-Corona, O., Munguía, M., Pérez-Maqueo, O., & Ramírez-Carrillo, E. (2020). Ecosystem antifragility: beyond integrity and resilience. *PeerJ*, 8, e8533.
- Flaxman, M., & Vargas-Moreno, J. C. (2011). Using “spatial resilience planning” to test climate-adaptive conservation strategies. In *Restoring lands-coordinating science, politics and action: complexities of climate and governance* (pp. 57-83). Springer Netherlands.
- Harwood, T., Love, J., Drielsma, M., Brandon, C., & Ferrier, S. (2022). Staying connected: assessing the capacity of landscapes to retain biodiversity in a changing climate. *Landscape Ecology*, 37(12), 3123-3139.
- Kim, H., & Marcouiller, D. W. (2019). Making sense of resilience planning and policy in the pursuit of sustainable development and disaster risk reduction. *Climate and Development*, 12(3), 228-240. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1613215>
- Li, T., Dong, Y., & Liu, Z. (2020). A review of social-ecological system resilience: mechanism, assessment and management. *Science of the Total Environment*, 723, 138113.
- Lu, Y., Zhai, G., Zhou, S., & Shi, Y. (2021). Risk reduction through urban spatial resilience: a theoretical framework. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 27(4), 921-937.
- Massachesi, N., & Castro-Díaz, R. (2023). Resiliencia y vulnerabilidad en un contexto pandémico: un análisis estadístico sobre los cuatro aglomerados urbanos más poblados de Argentina. *Proyección*, 17(33), 67-95. <https://doi.org/10.48162/rev.55.037>
- Olsson, L., Jerneck, A., Thoren, H., Persson, J., & O’Byrne, D. (2015). Why resilience is unappealing to social science: theoretical and empirical investigations of the scientific use of resilience. *Science Advances*, 1(4), e1400217.
- Pascariu, G. C., Banica, A., & Nijkamp, P. (2023). A meta-overview and bibliometric analysis of resilience in spatial planning: the relevance of place-based approaches. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 16(3), 1097-1127.
- Quinlan, A. E., Berbés-Blázquez, M., Haider, L. J., & Peterson, G. D. (2016). Measuring and assessing resilience: broadening understanding through multiple

- disciplinary perspectives. *Journal of Applied Ecology*, 53(3), 677-687.
- Rao, C. S., Kareemulla, K., Krishnan, P., Murthy, G. R. K., Ramesh, P., Ananthan, P. S., & Joshi, P. K. (2019). Agro-ecosystem based sustainability indicators for climate resilient agriculture in India: a conceptual framework. *Ecological Indicators*, 105, 621-633.
- Rezaeian, M., Dunn, G., St Leger, S., & Appleby, L. (2007). Geographical epidemiology, spatial analysis and geographical information systems: a multidisciplinary glossary. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 61(2), 98-102.
- Rodriquez, C., Mendes, J. M., & Romão, X. (2022). Identifying the importance of disaster resilience dimensions across different countries using the Delphi method. *Sustainability*, 14(15), 9162.
- Sartorio, F. S., Aelbrecht, P., Kamalipour, H., & Frank, A. (2021). Towards an antifragile urban form: a research agenda for advancing resilience in the built environment. *Urban Design International*, 26, 135-158. <https://doi.org/10.1057/s41289-021-00157-7>
- Sellberg, M. M., Ryan, P., Borgström, S. T., Norström, A. V., & Peterson, G. D. (2018). From resilience thinking to resilience planning: lessons from practice. *Journal of Environmental Management*, 217, 906-918.
- Sinclair, M. (2007). A guide to understanding theoretical and conceptual frameworks. *Evidence-Based Midwifery*, 5(2), 39-40.
- Streit, R. P., Cumming, G. S., & Bellwood, D. R. (2019). Patchy delivery of functions undermines functional redundancy in a high diversity system. *Functional Ecology*, 33(6), 1144-1155.
- Taleb, N. N. (2012). *Anti-fragile: things that gain from disorder*. Penguin Books.
- Weichselgartner, J., & Kelman, I. (2015). Geographies of resilience: challenges and opportunities of a descriptive concept. *Progress in Human Geography*, 39(3), 249-267. <https://doi.org/10.1177/0309132513518834>
- White, I., & O'Hare, P. (2014). From rhetoric to reality: which resilience, why resilience, and whose resilience in spatial planning? *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32(5), 934-950. <https://doi.org/10.1068/c12117>
- Zhang, H., Dolan, C., Meng Jing, S., Uyimleshi, J., & Dodd, P. (2019). Bounce forward: economic recovery in post-disaster Fukushima. *Sustainability*, 11(23), 6736. <https://doi.org/10.3390/su11236736>
- Zurlini, G., Petrosillo, I., Jones, K. B., & Zaccarelli, N. (2013). Highlighting order and disorder in social: ecological landscapes to foster adaptive capacity and sustainability. *Landscape Ecology*, 28, 1161-1173.