Revista Sustentabilidad Hoy
Vol. 5 Núm. 5 (2024)
https:// https://revistas.institutogore.edu.co/index.php/sh
ISSN: 2145 - 5120
Recibido: julio 2024
Aceptado: agosto 2024
Publicado: septiembre 17 de 2024

Vulnerabilidad costera y resiliencia urbana en América Latina: evaluación de impactos y estrategias de adaptación en Cartagena, Santa Catarina y La Habana

Coastal vulnerability and urban resilience in Latin America: Assessment of impacts and adaptation strategies in Cartagena (Colombia), Santa Catarina (Brazil), and Havana (Cuba)

Gutiérrez Jaraba, Johon[1*]
ORCID: 0000-0002-0704-1732
Fundación Universitaria Antonio de Arévalo - Unitecnar
direccion.proyectos@unitecnar.edu.co

** Autor de correspondencia: Johon Gutiérrez Jaraba, direccion.proyectos@unitecnar.edu.co*

Resumen

El cambio climático global impone riesgos severos sobre los asentamientos urbanos costeros de América Latina debido a la interacción de amenazas hidrometeorológicas con vulnerabilidades socio estructurales persistentes. El presente estudio presenta un análisis cualitativo comparativo multi caso orientado a variables, examinando las trayectorias de adaptación y mitigación en tres configuraciones costeras diferenciadas: Cartagena de Indias (Colombia), la región de Santa Catarina (Brasil) y La Habana (Cuba). El objetivo fue identificar los factores determinantes del éxito institucional y biofísico de sus respectivas estrategias frente al aumento del nivel del mar, ciclones extra tropicales e inundaciones recurrentes. Utilizando un enfoque metodológico mixto basado en la triangulación de datos normativos, proyecciones biofísicas e indicadores de gobernanza, se analizan las respuestas locales bajo tres dimensiones fundamentales: el mecanismo técnico de intervención, el marco de gobernanza legal y la sostenibilidad temporal. Los resultados demuestran que, si bien Cartagena destaca por su integración híbrida de infraestructura dura y ecológica, Santa Catarina fundamenta su éxito en la precisión técnico-predictiva, y La Habana en un modelo de planificación centralizada y reubicación dirigida a largo plazo bajo el programa Tarea Vida. Se concluye que la transferibilidad de las lecciones aprendidas requiere superar la fragmentación de la gobernanza local y asegurar el financiamiento sostenido, ofreciendo un marco referencial para la formulación de políticas públicas en litorales del sur global.

Palabras clave: cambio climático, adaptación costera, resiliencia urbana, gobernanza climática, América Latina.

Abstract

Global climate change poses severe risks to coastal urban settlements in Latin America, driven by the interplay between hydrometeorological threats and persistent sociostructural vulnerabilities. This study employs a variable-oriented, multicase qualitative comparative analysis to examine adaptation and mitigation trajectories across three distinct coastal settings: Cartagena de Indias (Colombia), the Santa Catarina region (Brazil), and Havana (Cuba). The objective was to identify the factors determining the institutional and biophysical success of their respective strategies in addressing sea-level rise, extratropical cyclones, and recurrent flooding. Using a mixed-methods approach—triangulating regulatory data, biophysical projections, and governance indicators—the study analyzes local responses across three core dimensions: technical intervention mechanisms, legal governance frameworks, and long-term sustainability. The findings reveal that while Cartagena stands out for its hybrid integration of hard and ecological infrastructure, Santa Catarina's success is rooted in technical-predictive precision, and Havana's in a model of centralized planning and long-term, directed relocation under the *Tarea Vida* (Task Life) program. The study concludes that transferring these lessons requires overcoming the fragmentation of local governance and securing sustained funding, thereby providing a reference framework for public policy formulation in coastal areas across the Global South.

Keywords: climate change, coastal adaptation, urban resilience, climate governance, Latin America.

1. Introducción

Las zonas costeras de América Latina concentran una proporción crítica de la infraestructura económica y la población de la región, convirtiéndolas en epicentros de alta vulnerabilidad frente a las transformaciones biofísicas derivadas del cambio climático (IPCC, 2023). El incremento de la temperatura global ha acelerado la desglaciación marina y la expansión térmica de los océanos, resultando en un aumento sistemático del nivel medio del mar y una alteración en la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos (Reguero et al., 2019). Estos impactos biofísicos no operan en el vacío, sino que convergen con deficiencias socio estructurales preexistentes en los entornos urbanos latinoamericanos, tales como la densificación desordenada de la línea de costa, déficits de infraestructura y marcos de gobernanza fragmentados (Hardoy & Romero Lankao, 2011).

Ante este panorama, las respuestas urbanas tradicionales basadas exclusivamente en obras de ingeniería civil rígida resultan insuficientes y, en ocasiones, contraproducentes, generando dinámicas de mala adaptación. En las últimas décadas, ha emergido una transición conceptual hacia paradigmas integrales que combinan soluciones basadas en la naturaleza, planificación

territorial restrictiva y gobernanza multinivel (Satterthwaite et al., 2020). No obstante, la heterogeneidad geográfica, institucional y socioeconómica de América Latina plantea el reto de comprender cómo diferentes modelos de gestión responden a sus respectivas presiones climáticas específicas.

Este estudio aborda dicho vacío de conocimiento mediante un análisis comparativo de tres centros urbanos que representan tipologías costeras, climáticas y políticas diferenciadas: Cartagena de Indias (Colombia), la región litoral de Santa Catarina (Brasil) y La Habana (Cuba). A través de la evaluación sistémica de estos casos, la investigación persigue el objetivo de estructurar los factores críticos que posibilitan o limitan el éxito en la implementación de medidas de adaptación y mitigación, aportando criterios analíticos extrapolables a otras metrópolis del sur global.

2. Marco teórico

2.1 Vulnerabilidad costera y riesgo climático

El riesgo climático en espacios litorales se define a partir de la convergencia de tres componentes interdependientes: la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad (IPCC, 2022). La amenaza comprende los eventos biofísicos extremos o de evolución lenta, como las inundaciones por sobreelevación del nivel del mar (surgencias) o la erosión costera inducida. La exposición refiere a la presencia de sistemas humanos, viviendas e infraestructura en zonas susceptibles de impacto. Por su parte, la vulnerabilidad constituye una propiedad endógena de los sistemas socioeconómicos, determinada por la sensibilidad y la capacidad de adaptación local (Adger, 2006). En América Latina, la vulnerabilidad costera se ve exacerbada por la desigualdad socioeconómica, donde los asentamientos informales suelen ocupar las áreas de mayor riesgo geomorfológico (Lampis, 2013).

2.2 Resiliencia urbana y adaptación híbrida

La resiliencia urbana se concibe como la capacidad de un sistema socio-ecológico urbano para absorber, adaptarse y transformarse positivamente ante perturbaciones climáticas severas, manteniendo sus funciones esenciales (Meerow et al., 2016). En la agenda científica contemporánea, las estrategias de adaptación se clasifican en medidas de infraestructura gris (barreras artificiales, diques), infraestructura verde o Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN, como restauración de manglares y dunas), y medidas blandas o no estructurales (ordenamiento territorial y alertas tempranas) (Cheong et al., 2013). La literatura reciente aboga por enfoques híbridos que articulen de manera sinérgica la ingeniería civil con la ecología costera para maximizar los co-beneficios ecosistémicos y económicos (Seddon et al., 2020).

Materiales y métodos

La investigación adopta un diseño de casos de estudio múltiples cualitativo-cuantitativo (enfoque mixto), fundamentado en el método comparativo orientado a variables de Ragin (2014). Esta aproximación metodológica permite analizar configuraciones complejas de factores causales e institucionales en un número reducido de casos, evitando los sesgos de las aproximaciones puramente descriptivas.

La selección de los casos de estudio responde al principio metodológico de «sistemas máximamente diferentes con resultados similares» en términos de implementación de resiliencia costera. Las unidades analizadas corresponden a tres realidades geográficas e institucionales de América Latina:

- Cartagena de Indias (Colombia): representante del caribe continental, expuesta a un aumento acelerado del nivel medio del mar y erosión costera severa, operando bajo un marco económico de libre mercado enfocado al turismo.

- Región litoral de Santa Catarina (Brasil): representante del Atlántico Surocccidental, vulnerable a ciclones extratropicales y frentes fríos intensos, operando bajo un modelo descentralizado y federativo.

- La Habana (Cuba): representante del Caribe insular, bajo riesgo extremo de huracanes intensos y penetraciones del mar, caracterizada por un modelo de gobernanza centralizado de planificación estatal socialista.

La recolección de datos se llevó a cabo entre 2024 y 2026, abarcando tres fuentes de información: 1) Proyecciones biofísicas y registros históricos de agencias meteorológicas nacionales; 2) Marcos regulatorios, planes de ordenamiento territorial (POT) y decretos gubernamentales de adaptación; y 3) Evaluación de indicadores de gobernanza local. El análisis inter-caso se estructuró mediante una matriz analítica estandarizada que evalúa de forma homogénea las amenazas climáticas, las tipologías de intervención y el instrumento político-legal regente de cada ciudad.

3.1 Argumentos metodológicos (El porqué científico)

El diseño de la investigación no es arbitrario; se basa en la metodología de **Charles Ragin** (2014) sobre el Análisis Cualitativo Comparativo (QCA) orientado a variables. Debes utilizar los siguientes tres argumentos:

- Principio de *"Sistemas Máximamente Diferentes con Resultados Similares"*. Al elegir tres contextos institucionales, económicos y geográficos radicalmente opuestos que logran avances significativos en resiliencia, se demuestra que la resiliencia no depende

de un solo sistema político, sino de factores causales transversales (el acoplamiento legal del instrumento).

- Control de sesgo descriptivo: al limitar la muestra a tres casos profundos estructurados bajo una matriz homogénea (amenaza, intervención e instrumento político-legal), el estudio evita quedarse en una mera narración de anécdotas locales. Permite aislar configuraciones complejas de éxito institucional.
- *Representatividad de tipologías del sur global:* los tres casos cubren de manera exhaustiva el espectro de gobernanza en América Latina representados en el modelo de libre mercado (Colombia), el federalismo descentralizado (Brasil) y el socialismo centralizado (Cuba).

3.2 Límites de transferibilidad (Las Barreras Reales)

El documento es claro: *las estrategias no se pueden copiar y pegar textualmente*. Existen límites críticos que condicionan el éxito de las políticas al intentar cruzarlas entre ciudades como son:

- *Barrera de la autonomía estatal (Caso Cuba):* el modelo de «retirada dirigida» y prohibición absoluta de construcciones hacia el año 2050 de La Habana no es transferible a Cartagena o Santa Catarina. En economías de mercado, los derechos de propiedad privada y las presiones del desarrollo inmobiliario/turístico bloquean intervenciones tan drásticas mediante litigios y ciclos políticos.
- *Barrera de la fragmentación institucional (Caso Brasil):* la precisión técnico-predictiva de Santa Catarina requiere una Defensa Civil federativa descentralizada altamente coordinada. Intentar replicar esta capacidad en contextos centralizados o con burocracias locales descoordinadas (como los municipios costeros colombianos) inutiliza la tecnología si no existen códigos de construcción vinculantes a nivel local.
- *Barrera de la dependencia financiera (Caso Colombia):* la integración de Soluciones Basadas en la Naturaleza (manglares en el POT de Cartagena) demuestra sostenibilidad ecológica, pero su transferibilidad está limitada por la volatilidad presupuestaria. Sin fondos nacionales consolidados e independientes (como los que posee un decreto-ley estatal), estas medidas verdes quedan reducidas a pilotos huérfanos que dependen de la cooperación internacional.

Tabla 1. Matriz sintética de metodologías y límites

Eje Analítico	Sustento Científico / Hallazgo	Límite Crítico de Aplicación
Diseño Metodológico	Enfoque mixto inter-caso basado en variables de Ragin (2014).	Válido para extraer lecciones del Sur Global, pero no genera recetas universales.
Transferencia de La Habana	Capacidad estatal de control del territorio y retiro planificado a largo plazo.	Inviable en libre mercado debido a la protección de propiedad privada y presión turística.
Transferencia de Santa Catarina	Red de alertas tempranas y códigos predictivos de contingencia.	Inútil si los gobiernos locales sufren de fragmentación de competencias y debilidad institucional.
Transferencia de Cartagena	Planificación integrada vinculante (Plan 4C) e ingeniería natural (SbN).	Inestable si no se crean mecanismos financieros innovadores e independientes de la política.

Fuente. Elaboración propia

4. Resultados

La aplicación de la matriz metodológica de síntesis cruzada permitió desagregar y sistematizar las trayectorias de adaptación de los tres casos de estudio. Los datos demuestran que las ciudades han desarrollado respuestas institucionales y técnicas diferenciadas según sus arreglos político-administrativos endógenos.

Tabla 2. Matriz metodológica de síntesis cruzadas

Caso de Estudio	Principal Amenaza Climática	Mecanismo Técnico de Intervención	Instrumento Político-Legal Regente
Cartagena de Indias (Colombia)	Aumento del nivel medio del mar (ANMM) y erosión costera estructural.	Adaptación híbrida: Obras civiles rígidas (espolones) articuladas con restauración ecológica de ecosistemas de manglar.	Plan 4C (Cartagena Competitiva y Compatible con el Clima) integrado de forma vinculante al Plan de Ordenamiento Territorial (POT).
Región de Santa Catarina (Brasil)	Ciclones extratropicales, frentes fríos intensos y marejadas severas.	Monitoreo predictivo avanzado por radares, zonificación estricta de áreas de exclusión constructiva y restauración de dunas costeras.	Planes de Contingencia de la Defensa Civil articulados con directrices de gestión costera del Estado de Santa Catarina.
La Habana (Cuba)	Inundaciones por sobreelevación marina (surgencias) inducidas por huracanes tropicales.	Estrategia estructural combinada con retirada dirigida: Reubicación planificada de viviendas de primera línea y restauración de barreras arrecifales.	Programa Estatal 'Tarea Vida' para el Enfrentamiento al Cambio Climático, respaldado por un Decreto Ley nacional de cumplimiento obligatorio.

Fuente. Elaboración propia

4.1 Trayectoria analítica por caso

En Cartagena de Indias, la formulación del Plan 4C ha permitido alinear los objetivos de resiliencia con el desarrollo económico enfocado en el sector portuario y turístico. Las intervenciones de ingeniería en el frente marítimo se complementan con proyectos comunitarios de siembra de manglar, generando con beneficios locales, aunque el financiamiento continuo sigue dependiendo de asignaciones internacionales fluctuantes.

En la región de Santa Catarina, el enfoque técnico-científico predomina a través de redes avanzadas de monitoreo meteorológico gestionadas por la EPAGRI. La capacidad de anticipar frentes fríos y coordinar evacuaciones preventivas mediante sistemas de protección civil descentralizados ha reducido significativamente las tasas de mortalidad y pérdidas de capital industrial en el litoral del estado.
En La Habana, el marco institucional provisto por la *Tarea Vida* facilita un nivel de intervención drástico no observado en economías de mercado: la prohibición absoluta de construcciones en zonas de inundación proyectada al 2050 y la reubicación sistemática de comunidades vulnerables hacia el interior de la provincia. La efectividad de esta política radica en su naturaleza vinculante y centralizada, con base en modelaciones científicas estatales continuas.

Discusión

Los hallazgos de este estudio revelan que la resiliencia costera eficaz no se deriva de una única tipología de intervención óptima, sino del grado de acoplamiento entre el instrumento legal elegido y el modelo de gobernanza local. Al contrastar las estrategias, emerge una clara divergencia en los enfoques normativos: mientras que La Habana opera bajo un paradigma de mando, control y retirada planificada amparado en la centralización estatal (Tarea Vida), Cartagena y Santa Catarina dependen de mecanismos de concertación público-privada e instrumentos de mercado que, si bien son flexibles, exhiben una mayor vulnerabilidad frente a las presiones inmobiliarias y los ciclos políticos a corto plazo, coincidiendo con lo planteado por Hardoy y Romero Lankao (2011).

La integración de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) varía significativamente entre los casos estudiados. La restauración ecológica de manglares en Cartagena y de dunas en Santa Catarina demuestra que la ingeniería natural provee servicios ecosistémicos críticos de disipación de energía del oleaje, validando los postulados teóricos de Seddon et al. (2020) sobre la sostenibilidad de la adaptación verde. No obstante, las restricciones presupuestarias identificadas en el caso colombiano ponen de manifiesto que las SbN requieren mecanismos financieros innovadores e institucionales de largo aliento para no quedar reducidas a iniciativas piloto aisladas.

Por otra parte, la experiencia predictiva de Santa Catarina resalta la urgencia de fortalecer los sistemas de alerta temprana (SAT) en el continente. El monitoreo en tiempo real constituye una medida de mitigación de daños sumamente costosa frente a eventos meteorológicos rápidos

como los ciclones extra tropicales (Reguero et al., 2019). No obstante, los datos sugieren que la tecnología predictiva resulta insuficiente si no viene acompañada de códigos de construcción estrictos y vinculantes que impidan la ocupación de frentes de playa susceptibles a procesos erosivos crónicos.

Conclusiones

Para comprender por qué seleccionamos a Cartagena, Santa Catarina y La Habana, debemos remitirnos al enfoque de Charles Ragin sobre el análisis cualitativo comparativo bajo el principio de *«sistemas máximamente diferentes con resultados similares»*. A nivel político, económico y geográfico, estas tres regiones representan realidades totalmente opuestas en América Latina. Sin embargo, las tres comparten un criterio de éxito ya que han alcanzado hitos críticos de resiliencia costera. Este contraste radical es el que nos permite aislar las verdaderas variables institucionales y legales que funcionan en el Sur Global, evitando los sesgos de un análisis puramente descriptivo.

Es importante expresar en cuanto a los límites de transferibilidad (Cuba y Brasil) que las estrategias climáticas no se pueden «copiar y pegar» de forma literal ya existen límites de transferibilidad infranqueables.
Por ejemplo, el modelo de «mando, control y retirada dirigida» implementado en La Habana bajo el programa *Tarea Vida* es inviable en economías de mercado como Cartagena o Santa Catarina. En estos contextos, los derechos de propiedad privada y las fuertes presiones del sector inmobiliario y turístico bloquean legal y políticamente las expropiaciones o prohibiciones absolutas de construcción a largo plazo.

Por otro lado, la brillante capacidad técnico-predictiva de Santa Catarina demuestra que la última tecnología en radares y alertas tempranas queda completamente inutilizada si se intenta transferir a entornos con una alta fragmentación de competencias locales o burocracias municipales descoordinadas.

Finalmente, el caso de Cartagena nos enseña que la planificación integrada y las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son el camino ecológico idóneo. Sin embargo, su replicabilidad está severamente limitada por la vulnerabilidad financiera. Mientras la adaptación dependa de asignaciones internacionales fluctuantes y de los ciclos políticos de corto plazo, las medidas verdes no pasarán de ser proyectos piloto aislados.

En conclusión, la gran lección del estudio es que no existe una única receta óptima. La resiliencia efectiva surge del acoplamiento exacto entre la ciencia y la ley; la transferibilidad de estas buenas prácticas dependerá, por lo tanto, de nuestra capacidad para blindar e institucionalizar las metas climáticas dentro de las leyes nacionales de ordenamiento territorial.

De igual forma, se debe entender que como primera medida la adaptación costera efectiva en América Latina requiere una transición imperativa desde un enfoque puramente reactivo y dependiente de obras civiles grises hacia modelos de gestión híbrida que articulen de forma vinculante las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) con la planificación urbana rigurosa.

Como segundo aspecto cabe mencionar que en los tres casos de estudio examinados demuestran que diferentes esquemas institucionales son capaces de alcanzar hitos significativos de resiliencia: la fortaleza de Cartagena reside en su enfoque de planificación integrada (Plan 4C); la de Santa Catarina en su infraestructura científico-predictiva y de alerta, y la de La Habana en su capacidad de control del territorio y retirada dirigida a largo plazo.

Finalmente y como tercera medida, es importante mencionar que el principal obstáculo para la sostenibilidad temporal de las políticas climáticas urbanas en la región radica en la fragmentación de las competencias institucionales locales y la ausencia de fondos financieros consolidados e independientes de la volatilidad política o de la cooperación internacional. La transferibilidad de estas buenas prácticas dependerá, por tanto, de la capacidad de institucionalizar las metas climáticas científicas dentro de los códigos y leyes nacionales de ordenamiento territorial.

Referencias

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), 268-281. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006

Cheong, S. M., Silliman, B., Wong, P. P., Feagin, B., Keen, M., Rodriguez, J. I., ... & Costanza, R. (2013). Coastal adaptation with ecological engineering. Nature Climate Change, 3(9), 787-791. https://doi.org/10.1038/nclimate1854

Hardoy, J., & Romero Lankao, P. (2011). Latin American cities and climate change: challenges and options for mitigation and adaptation. Current Opinion in Environmental Sustainability, 3(3), 158-163. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.007

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. IPCC.

Lampis, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates teóricos y metodológicos para el espacio urbano. Revista de Geografía Norte Grande, (55), 139-158. https://doi.org/10.4067/S0718-34022013000200009

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning, 147, 38-49. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011

Reguero, B. G., Losada, I. J., Díaz-García, P., Méndez, F. J., & Beck, M. W. (2019). A recent increase in global wave power as a response to ocean warming. Nature Communications, 10(1), 205. https://doi.org/10.1038/s41467-018-08066-0

Satterthwaite, D., Archer, D., Colenbrander, S., Dodman, D., Hardoy, J., Mitlin, D., & Patel, S. (2020). Building resilience to climate change in cities of the Global South. International Journal of Urban Sustainable Development, 12(1), 3-12. https://doi.org/10.1080/19463138.2020.1711667

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 375(1794), 20190120. https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120