

# RESILIENCIA URBANA E INFRAESTRUCTURA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CIUDADES COSTERAS DEL ECUADOR: REVISIÓN ANALÍTICA

## URBAN RESILIENCE AND INFRASTRUCTURE IN THE FACE OF CLIMATE CHANGE IN ECUADORIAN COASTAL CITIES: AN ANALYTICAL REVIEW

Mariano José Loor García <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de posgrado, Maestría en Planificación de Infraestructura Física de Obras Civiles, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7046-5764>. Correo: [loor-mariano0324@unesum.edu.ec](mailto:loor-mariano0324@unesum.edu.ec)

Leopoldo Vinicio Venegas Loor <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Instituto de posgrado, Maestría en Planificación de Infraestructura Física de Obras Civiles, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3100-6320>. Correo: [leopoldo.venegas@unesum.edu.ec](mailto:leopoldo.venegas@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [loor-mariano0324@unesum.edu.ec](mailto:loor-mariano0324@unesum.edu.ec)

### Resumen

Las ciudades costeras del Ecuador enfrentan desafíos cada vez mayores como consecuencia del cambio climático, debido a la ocurrencia de inundaciones, erosión costera, aumento del nivel del mar y expansión urbana en áreas de riesgo, condiciones que comprometen el funcionamiento de la infraestructura y la seguridad de la población. Para lo cual, el estudio tuvo como propósito analizar la evidencia científica disponible sobre resiliencia urbana e infraestructura climática, con el fin de identificar estrategias que contribuyan a la adaptación sostenible de las ciudades costeras ecuatorianas. Se desarrolló una revisión sistemática de literatura siguiendo los lineamientos de la declaración PRISMA 2020, mediante la búsqueda y selección de investigaciones publicadas en bases de datos científicas nacionales e internacionales. El análisis permitió reconocer que las intervenciones con mayor potencial son aquellas que integran infraestructura gris y verde, planificación territorial, gestión del riesgo, gobernanza climática y soluciones basadas en la naturaleza. Asimismo, se identificó que el crecimiento urbano desordenado, la ocupación de zonas vulnerables y las limitaciones institucionales continúan siendo factores que incrementan la exposición de las ciudades a eventos hidrometeorológicos extremos, situación que se agrava en el litoral ecuatoriano durante episodios asociados al fenómeno de El Niño. Se concluye que fortalecer la resiliencia urbana requiere

incorporar criterios de adaptación climática desde la planificación, el diseño y la gestión de las obras civiles, promoviendo decisiones sustentadas en evidencia técnica, coordinación institucional y sostenibilidad territorial.

**Palabras clave:** resiliencia urbana; cambio climático; ciudades costeras; planificación territorial; adaptación

### Abstract

*Coastal cities in Ecuador face increasing challenges due to climate change, including flooding, coastal erosion, sea-level rise, and urban sprawl in high-risk areas—conditions that compromise infrastructure functionality and public safety. This study aimed to analyze the available scientific evidence on urban resilience and climate infrastructure to identify strategies that contribute to the sustainable adaptation of Ecuadorian coastal cities. A systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, searching and selecting research published in national and international scientific databases. The analysis revealed that the interventions with the greatest potential are those that integrate gray and green infrastructure, land-use planning, risk management, climate governance, and nature-based solutions. Furthermore, it was identified that disorderly urban growth, the occupation of vulnerable areas, and institutional limitations continue to be factors that increase cities' exposure to extreme hydrometeorological events, a situation that is exacerbated on the Ecuadorian coast during episodes associated with the El Niño phenomenon. It is concluded that strengthening urban resilience requires incorporating climate adaptation criteria into the planning, design, and management of civil works, promoting decisions based on technical evidence, institutional coordination, and territorial sustainability.*

**Keywords:** urban resilience; climate change; coastal cities; territorial planning; adaptation

**Fecha de recibido:** 04/05/2026

**Fecha de aceptado:** 15/07/2026

**Fecha de publicado:** 17/07/2026

### Introducción

De acuerdo con Mohammad et al. (2026), la resiliencia urbana se define como la capacidad crítica y multifacética para resistir, adaptarse y recuperar las funciones esenciales ante desafíos como desastres naturales e inestabilidades sociales en la planificación, el desarrollo y la gestión urbana. El cambio climático incrementa los riesgos para la infraestructura urbana, por ello, organismos internacionales como el IPCC, ONU-Hábitat y CEPAL (2024) lo señalan como el desafío principal de la resiliencia urbana, debido al incremento de las amenazas hidrometeorológicas que afectan el desempeño de la infraestructura urbana, al provocar sobrecarga en los sistemas de drenaje, el aumento de los caudales de diseño, alteración en las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), procesos de socavación y fallas en la infraestructura hidráulica. Estos

escenarios reducen la capacidad funcional y operativa de los sistemas urbanos, incrementando los costos de mantenimiento y recuperación de la infraestructura (Castro-Castelo, 2024; Cedeño Cevallos, 2024).

En América Latina, las ciudades costeras son especialmente vulnerables debido al crecimiento urbano no planificado y a la ocupación de zonas expuestas a amenazas naturales. Esta situación favorece la degradación de manglares, humedales y dunas naturales, incrementando la incidencia de inundaciones, erosión costera, socavación de estructuras y deterioro de la infraestructura vial e hidráulica (Lampis, 2022). En Ecuador, esta vulnerabilidad se intensifica debido a la rápida urbanización, la degradación ambiental y las desigualdades socioeconómicas y de gobernanza. Asimismo, la elevada exposición de las ciudades costeras a amenazas de origen hidrometeorológico y geológico incrementa la fragilidad de la infraestructura urbana y de los sistemas urbanos (Delgado Sacón y Vera Vera, 2025).

Las ciudades costeras ecuatorianas enfrentan múltiples amenazas al estar más expuestas a inundaciones pluviales y fluviales, erosión costera, marejadas, socavación de estructuras y desbordamientos de los sistemas de drenaje. De igual forma, el territorio se encuentra expuesto a amenazas sísmicas, deslizamientos de tierra y tormentas, las cuales generan impactos directos sobre la infraestructura vial, hidráulica, portuaria y de servicios básicos (Machado y Bonilla, 2024). Entre estas amenazas, el Fenómeno del Niño corresponde a uno de los factores de mayor impacto porque incrementa anómalamente la temperatura superficial del océano Pacífico, favoreciendo una mayor evaporación. Estas circunstancias provocan inundaciones, incrementan los caudales de escorrentía y pueden superar la capacidad hidráulica de alcantarillas, colectores y canales de evacuación (ERFEN Ecuador, 2026).

Estudios recientes como el de Rufato Machado (2021) mencionan que la saturación de los suelos provoca procesos de socavación de cimentaciones, inestabilidad de taludes, erosión de márgenes fluviales y deterioro de la infraestructura vial. Además, el ascenso del nivel del mar y el incremento de la energía del oleaje aceleran la erosión litoral y la corrosión por cloruros en estructuras de hormigón armado localizadas en ambientes marinos. A pesar de los avances registrados en el estudio de la resiliencia urbana y la creciente relevancia en la investigación científica, la incorporación de criterios técnicos de adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de la infraestructura física de las ciudades costeras del Ecuador sigue siendo insuficiente. Tal limitación impide emplear soluciones efectivas orientadas a reducir los efectos de los fenómenos naturales y otros procesos que afectan el desempeño funcional de la infraestructura urbana.

El objetivo del estudio es analizar las estrategias de resiliencia urbana y adaptación de infraestructuras frente al cambio climático documentadas a nivel internacional, para identificar su aplicabilidad en las ciudades costeras del Ecuador. Por lo cual, la investigación busca responder a la siguiente interrogante ¿qué lineamientos técnicos pueden contribuir a fortalecer la resiliencia de la infraestructura física en las ciudades costeras del Ecuador frente a los efectos del cambio climático? El presente estudio utiliza la metodología PRISMA 2020 para la recopilación, selección y análisis de la evidencia científica relacionada con la resiliencia de infraestructura y la adaptación a los cambios climáticos.

### Resiliencia urbana y climática

La resiliencia urbana hace referencia a la capacidad que poseen las ciudades para anticipar, absorber, responder y recuperarse de los impactos derivados del cambio climático, preservando la continuidad de sus funciones esenciales y favoreciendo procesos de adaptación a largo plazo (Machado, 2021; Castro-Castelo,

2024). Este concepto trasciende la resistencia física de las infraestructuras e incorpora dimensiones sociales, ambientales, económicas e institucionales que, de manera conjunta, determinan la capacidad de respuesta de los territorios frente a escenarios de riesgo (Almheiri et al., 2024; Iracheta-Lara y Hernández, 2025). Desde esta perspectiva, la resiliencia es un proceso dinámico basado en el aprendizaje continuo, la transformación de los sistemas urbanos y el fortalecimiento de la gobernanza, permitiendo que las ciudades reduzcan su vulnerabilidad y mejoren su capacidad adaptativa frente a fenómenos cada vez más frecuentes e intensos (Rivas Gómez y Aparicio Moreno, 2023; Jacobsen et al., 2024).

### **Tipologías de infraestructura: gris, verde e híbrida**

La infraestructura gris comprende las obras tradicionales de ingeniería, como canales, diques, muros de contención, alcantarillado y sistemas convencionales de drenaje, diseñadas para controlar amenazas hidrológicas y proteger las áreas urbanas. Aunque estas soluciones ofrecen resultados inmediatos, diversos estudios señalan que requieren elevadas inversiones de construcción y mantenimiento, además de presentar limitaciones frente a escenarios climáticos futuros (Suárez Tóala et al., 2025; Almheiri et al., 2024). Como alternativa complementaria, la infraestructura verde incorpora espacios naturales y elementos ecológicos —entre ellos parques urbanos, corredores biológicos, humedales, manglares y cubiertas vegetales— que generan múltiples servicios ecosistémicos, tales como la regulación térmica, la infiltración del agua, la captura de carbono y la mejora de la calidad ambiental (Nero et al., 2024; Endalew Terefe y Hou, 2024).

Igualmente, la percepción social y la planificación adecuada de estos espacios influyen directamente en su conservación y aprovechamiento dentro del entorno urbano (Safo et al., 2024; Uchida et al., 2024). A partir de ello, la infraestructura híbrida es entendida como la integración de soluciones convencionales con estrategias basadas en la naturaleza. Esta combinación permite incrementar la eficiencia estructural sin descuidar la sostenibilidad ambiental, convirtiéndose en una alternativa especialmente pertinente para ciudades con recursos económicos limitados y alta exposición a riesgos climáticos (Palacios-López et al., 2025; Tarpani et al., 2024).

### **Amenazas climáticas y eventos compuestos**

La gestión contemporánea del riesgo ha evolucionado desde un enfoque centrado en amenazas individuales hacia el análisis de múltiples peligros que pueden presentarse de forma simultánea o consecutiva. Entre las principales amenazas que afectan a las ciudades costeras destacan el aumento del nivel del mar, las inundaciones, las olas de calor, la contaminación atmosférica y la degradación ambiental (Halkos et al., 2024; Wei et al., 2024). Uno de los avances más notables en la actualidad corresponde al reconocimiento de los eventos compuestos, donde la interacción entre inundaciones y sequías modifica el comportamiento hidrológico del territorio. Bajo este enfoque, determinadas intervenciones destinadas a reducir un riesgo pueden incrementar otro si no existe una planificación integral de los recursos hídricos (Pizzorni et al., 2024). A ello se suman los cambios en las condiciones térmicas de las edificaciones y el incremento de los episodios de sobrecalentamiento urbano, factores que representan nuevos desafíos para la planificación de ciudades resilientes (Kriesten et al., 2024; Peerlings et al., 2024).

Las zonas de playa son espacios altamente dinámicos y vulnerables frente a los efectos del cambio climático y a las presiones derivadas de las actividades humanas. Entre las principales problemáticas que afectan estos ecosistemas se encuentran la erosión costera, las inundaciones ocasionadas por marejadas y precipitaciones

intensas, el aumento del nivel del mar, la contaminación por residuos sólidos y aguas residuales, así como la degradación de ecosistemas protectores, como manglares y dunas. A ello se suma el crecimiento urbano desordenado sobre el borde costero, que incrementa la exposición de la población y de la infraestructura a eventos extremos, reduciendo la capacidad natural de adaptación del territorio. En el caso del litoral ecuatoriano, estas condiciones se intensifican durante la ocurrencia del Fenómeno de El Niño, el cual genera lluvias extraordinarias, desbordamientos de ríos, pérdida de playas y daños en la infraestructura urbana y turística. Para ello, la planificación territorial, la conservación de los ecosistemas costeros y la implementación de infraestructura resiliente representan estrategias fundamentales para disminuir la vulnerabilidad, fortalecer la capacidad adaptativa de las ciudades costeras y garantizar un desarrollo sostenible de estos espacios.

La vulnerabilidad urbana no depende exclusivamente de la localización geográfica, sino también de las condiciones sociales, económicas y territoriales presentes en cada ciudad. Los asentamientos informales suelen localizarse en áreas expuestas a inundaciones, deslizamientos u otros peligros naturales, además de presentar déficit de infraestructura básica y limitada cobertura de servicios públicos (Borbor-Córdova et al., 2020; Mena et al., 2022). El fortalecer la resiliencia urbana implica reducir estas desigualdades mediante procesos participativos que incorporen a la comunidad en la toma de decisiones y promuevan una gestión territorial más inclusiva (Cedeño Cevallos, 2024; Llewellyn et al., 2024).

La implementación de estrategias de adaptación requiere instituciones con capacidad para coordinar acciones entre diferentes actores y niveles de gobierno. En tal sentido, la planificación territorial debe sustentarse en información científica actualizada y en instrumentos de evaluación que permitan orientar las decisiones públicas (Currie Ríos y Pérez González, 2021; Machado y Bonilla-Bedoya, 2024). Un referente ampliamente utilizado es el modelo DPSIR (Drivers–Pressures–State–Impact–Response), el cual facilita el análisis de las relaciones existentes entre los impulsores del cambio, las presiones ambientales, el estado de los ecosistemas, los impactos sobre la población y las respuestas implementadas por las instituciones para reducir los riesgos (Page et al., 2021).

### **Herramientas tecnológicas aplicadas a la ingeniería civil**

Los avances tecnológicos han fortalecido la capacidad de la ingeniería civil para evaluar escenarios de riesgo y diseñar infraestructuras más resilientes. El empleo de Sistemas de Información Geográfica, técnicas de teledetección y modelos espaciales facilita la identificación de zonas vulnerables y mejora la planificación territorial (Ferdous et al., 2024; Koopmans et al., 2024). Del mismo modo, la aplicación de modelos matemáticos, simulaciones energéticas y algoritmos de aprendizaje automático permite analizar la interacción entre infraestructura, energía, transporte y medio ambiente, favoreciendo procesos de toma de decisiones sustentados en evidencia científica (Katsumbe et al., 2024). Estas herramientas también contribuyen al desarrollo de tecnologías para mejorar la calidad ambiental, como los revestimientos fotocatalíticos destinados a reducir contaminantes atmosféricos (Fernández-Pampillón et al., 2024), así como al monitoreo de la calidad del aire y de la exposición de la población a partículas contaminantes (Chen et al., 2024; Feng et al., 2020; Hama et al., 2020; Flanagan et al., 2024; Wan et al., 2024).

De esta forma, la gestión sostenible de los recursos hídricos requiere controlar la calidad de las aguas tratadas antes de su reutilización (Ebissa et al., 2024), mientras que la conservación de árboles maduros desempeña un papel fundamental en la regulación hídrica y el almacenamiento de carbono en las ciudades (Fernandes

Barros et al., 2024). Finalmente, la agricultura urbana constituye una estrategia complementaria para fortalecer la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas urbanos cuando se desarrolla bajo criterios ambientales adecuados (Toku et al., 2024). Además, en ciudades costeras, tanto la infraestructura portuaria y planificación territorial resulta fundamental y básica para promover un desarrollo urbano equilibrado y resiliente (Zambrano-Arteaga y Reyna-García, 2025).

Las zonas de playa son espacios altamente dinámicos y vulnerables frente a los efectos del cambio climático y a las presiones derivadas de las actividades humanas. Entre las principales problemáticas que afectan estos ecosistemas se encuentran la erosión costera, las inundaciones ocasionadas por marejadas y precipitaciones intensas, el aumento del nivel del mar, la contaminación por residuos sólidos y aguas residuales, así como la degradación de ecosistemas protectores, como manglares y dunas. A ello se suma el crecimiento urbano desordenado sobre el borde costero, que incrementa la exposición de la población y de la infraestructura a eventos extremos, reduciendo la capacidad natural de adaptación del territorio.

En el caso del litoral ecuatoriano, estas condiciones se intensifican durante la ocurrencia del Fenómeno de El Niño, el cual genera lluvias extraordinarias, desbordamientos de ríos, pérdida de playas y daños en la infraestructura urbana y turística. Para ello, la planificación territorial, la conservación de los ecosistemas costeros y la implementación de infraestructura resiliente representan estrategias fundamentales para disminuir la vulnerabilidad, fortalecer la capacidad adaptativa de las ciudades costeras y garantizar un desarrollo sostenible de estos espacios.

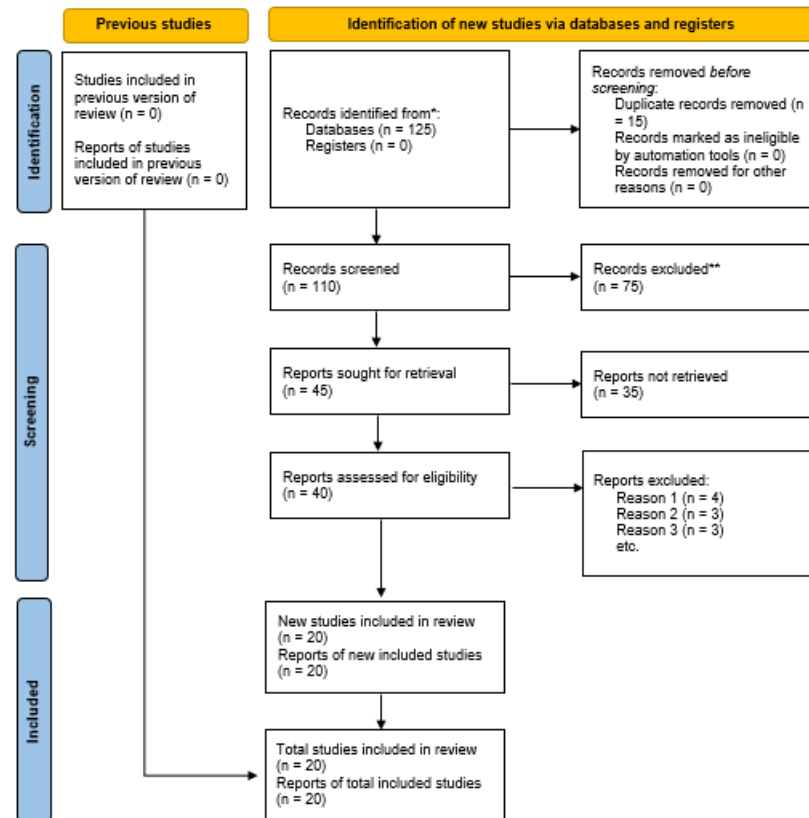
## Materiales y métodos

La investigación se desarrolló mediante una revisión sistemática de la literatura, con enfoque cualitativo de alcance descriptivo-analítico, siguiendo las directrices establecidas por la declaración PRISMA 2020 para garantizar un proceso reproducible a nivel metodológico (Page et al., 2021). El estudio tuvo como finalidad identificar y seleccionar evidencia científica relacionada con las estrategias de resiliencia urbana y la adaptación de las infraestructuras físicas frente al cambio climático considerando las investigaciones desarrolladas en ciudades costeras con características similares al litoral ecuatoriano.

La búsqueda bibliográfica se realizó principalmente en Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore y ASCE, fuentes de datos internacionales que concentran publicaciones científicas en ingeniería civil, infraestructura, hidráulica, planificación urbana y cambio climático. Es importante señalar que la estrategia de búsqueda se estructuró mediante la combinación de descriptores en idioma español e inglés relacionados al tema de investigación. Para ello se emplearon operadores booleanos AND y OR, que permitieron recuperar estudios publicados entre 2020-2026.

Los términos específicos que complementaron la búsqueda corresponde a flooding, storm surge, drainage systems, hydraulic infrastructure, coastal erosion, infrastructure resilience, urban vulnerability, infraestructura sostenible, resiliencia de infraestructura y gestión de riesgo. Se consideraron estudios desarrollados en contextos internacionales comparables con el litoral ecuatoriano y documentos emitidos por organismos reconocidos por su aporte normativo. Seguido, se excluyeron estudios centrados en áreas rurales o sin relación a la infraestructura urbana, de igual manera investigaciones que no guardaban relación al objetivo

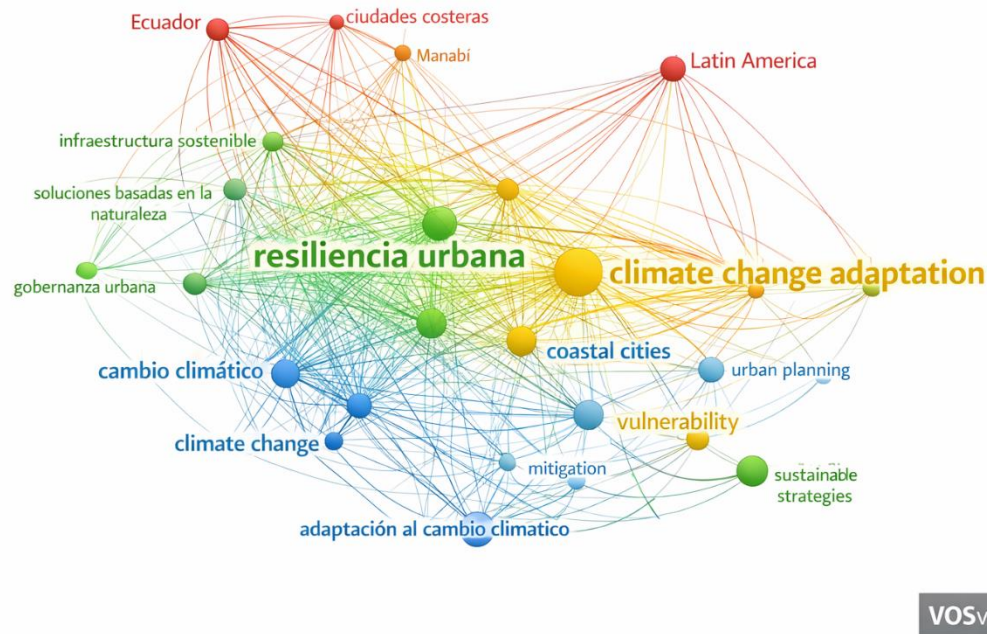
de estudio. El proceso de selección siguió el diagrama de flujo establecido por PRISMA 2020, tal como se presenta en la siguiente figura:



**Figura 1.** PRISMA 2020 Diagrama de flujo.

La información extraída de los estudios seleccionados se organizó mediante una matriz de extracción de datos elaborada en Microsoft Excel, en la que cada fila correspondió a un artículo científico y las columnas registradas variables previamente definidas como autor, año de publicación, país, tipo de infraestructura analizada, amenaza climática considerada, metodología empleada, principales resultados y nivel de aplicabilidad al contexto de las ciudades costeras del Ecuador.

Posteriormente, se realizó un análisis cualitativo, mediante el cual se identificaron categorías analíticas relacionadas con las tipologías de infraestructura resiliente, estrategias de adaptación urbana, soluciones basadas en la naturaleza y modelos de gobernanza, planificación territorial y viabilidad técnica. A partir de estas categorías se estableció una comparación que permitió reconocer patrones, enfoques y vacíos de conocimiento. Como complemento del análisis documental se efectuó un análisis bibliométrico utilizando el software VOSviewer versión 1.6.20. Los resultados se presentan en la figura 2, donde se muestran las redes de coocurrencia generadas a partir de las palabras claves indexadas.



**Figura 2.** Análisis de palabras clave bibliométricas

## Resultados y discusión

Los estudios recientes evidencian que la sostenibilidad urbana debe abordarse mediante enfoques integrados que relacionen la infraestructura verde y la resiliencia climática como componentes interdependientes de un mismo sistema territorial. La urbanización acelerada, el cambio climático y las limitaciones institucionales, son factores que exigen estrategias de planificación capaces de combinar innovación tecnológica, gobernanza y soluciones basadas en la naturaleza.

El artículo de Ferdous et al. (2024) propone que la utilización de imágenes satelitales Sentinel-2 para detectar acumulaciones de residuos en áreas urbanas y costeras, demuestra ser una alternativa eficiente para optimizar los procesos de monitoreo ambiental. La principal fortaleza de esta metodología reside en la reducción de costos frente a los métodos convencionales de inspección en campo, útil para municipios con recursos económicos limitados.

Por otra parte, Nero et al. (2024) señalan como estrategia la implementación los parques urbanos con elevada diversidad arbórea para favorecer la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire y el aumento de la biodiversidad. Sin embargo, los autores critican que la planificación urbana continúa privilegiando la expansión de infraestructura gris sobre la conservación de espacios naturales, reduciendo progresivamente la capacidad de adaptación de las ciudades. Es así que, las decisiones sobre uso del suelo no responden

únicamente a criterios ambientales, sino también a prioridades económicas y políticas que, subestiman el valor de los servicios ecosistémicos.

Fernandes Barros et al. (2024) amplían esta perspectiva al demostrar que la conservación de árboles, incrementa significativamente la infiltración del agua en el suelo y disminuye el riesgo de inundaciones urbanas. Los autores cuestionan las estrategias de planificación basadas exclusivamente en nuevas plantaciones, ya que los beneficios hidrológicos proporcionados por árboles maduros superan ampliamente los obtenidos durante las primeras décadas de crecimiento de nuevas especies. La protección del patrimonio arbóreo es la medida de adaptación climática más eficiente y económicamente rentable que la sustitución indiscriminada de la vegetación urbana.

En la investigación de Chen et al. (2024), indican que la selección adecuada de especies arbóreas puede contribuir a reducir la concentración de contaminantes, aunque advierten que no todas poseen la misma capacidad como biofiltros. Ambos estudios apuntan a que las estrategias deben combinar infraestructura verde para una planificación urbana sostenible.

Por su parte, Almheiri et al. (2024) muestran que más de la mitad de las investigaciones desarrolladas en los países del Consejo de Cooperación del Golfo continúan enfocándose en infraestructura física de gran escala. Los autores cuestionan esta orientación debido a sus elevados costos de construcción y mantenimiento, señalando que la capacidad adaptativa de las ciudades depende igualmente de factores institucionales, económicos y sociales. Este planteamiento concuerda con la evolución conceptual de la resiliencia urbana, la cual ha dejado de entenderse exclusivamente como resistencia física frente a amenazas naturales para incorporar dimensiones relacionadas con la capacidad de recuperación y adaptación de las comunidades.

En esta misma línea, Pizzorni et al. (2024) proponen abandonar la idea convencional de amenazas aisladas e incorporar el análisis de eventos compuestos, particularmente la interacción entre inundaciones y sequías. Argumentan que numerosas intervenciones hidráulicas diseñadas únicamente para evacuar rápidamente el agua superficial reducen simultáneamente los procesos naturales de infiltración y recarga de acuíferos, aumentando la vulnerabilidad frente a periodos prolongados de escasez hídrica.

De acuerdo a Gomaa et al. (2024) menciona como recurso el potencial de los Sistemas de Información Geográfica para evaluar la vulnerabilidad costera mediante modelos espaciales de alta resolución. Estas herramientas facilitan la identificación de zonas prioritarias para la planificación territorial y la reducción del riesgo de desastres. Sin embargo, la precisión de los modelos depende directamente de la disponibilidad de información batimétrica y topográfica de alta calidad. Jacobsen et al. (2024) manifiestan que gran parte de las problemáticas ambientales presentes en asentamientos informales responden principalmente a deficiencias institucionales y no exclusivamente a factores climáticos. Esta perspectiva, modifica la visión tradicional de la resiliencia al demostrar que la vulnerabilidad urbana también se construye a partir de procesos de planificación deficientes, limitada capacidad administrativa y desigualdad social.

Desde una perspectiva sistémica, Katsumbe et al. (2024) proponen utilizar técnicas de aprendizaje automático para analizar las ciudades como un sistema de sistemas, integrando sectores como agua, energía, transporte e infraestructura. Los autores sostienen que la evaluación independiente de cada componente limita la capacidad para comprender las interdependencias que determinan la resiliencia urbana. Dentro de este marco Pizzorni et al. (2024), demostraron que intervenciones diseñadas para resolver un único problema pueden

generar nuevos riesgos cuando no se consideran las relaciones existentes entre los diferentes procesos urbanos. Por lo cual, es necesario adoptar modelos de planificación multidisciplinarios que permitan anticipar efectos indirectos y optimizar la toma de decisiones.

De igual forma, Wei et al. (2024) muestran, mediante un meta-análisis, que la intensidad del calor urbano aumenta conforme crece el tamaño poblacional de las ciudades. Evidencia que la expansión urbana no planificada incrementa progresivamente la demanda energética, el estrés térmico y la vulnerabilidad climática. Borbor-Córdova et al. (2020) evidencian que una proporción considerable del área urbana de Durán presenta niveles altos de vulnerabilidad frente a inundaciones debido a la ocupación de zonas de riesgo, la precariedad de la infraestructura y la limitada capacidad adaptativa de la población.

Por su parte, Mena et al. (2022), quienes proyectan que el crecimiento urbano de Esmeraldas incrementará la exposición de la población a inundaciones y movimientos en masa si el desarrollo urbano continúa produciéndose sin una adecuada regulación del uso del suelo. Los estudios nacionales permiten inferir que el crecimiento urbano desordenado es uno de los principales factores que incrementan el riesgo climático en las ciudades costeras ecuatorianas. Esta problemática en conjunto con el Fenómeno de El Niño que se prevé, cuya recurrencia en el litoral ecuatoriano provoca precipitaciones extraordinarias, desbordamiento de ríos, inundaciones urbanas, erosión costera y afectaciones a la infraestructura vial, sanitaria y de drenaje. Cuando estos eventos coinciden con ciudades que presentan expansión urbana no planificada y ocupación de áreas inundables, los impactos sociales y económicos se intensifican. En efecto, la resiliencia urbana en Ecuador debe contemplar estrategias específicas de adaptación frente a este fenómeno climático, fortaleciendo los sistemas de drenaje pluvial, la planificación del territorio y los mecanismos de gestión preventiva del riesgo.

Rufato Machado (2021) plantea que la resiliencia urbana debe entenderse como un proceso dinámico basado en la planificación preventiva, la gestión integral del riesgo y el fortalecimiento institucional. Por eso, Rivas Gómez y Aparicio Moreno (2023), sostienen que las ciudades latinoamericanas requieren fortalecer estrategias de reducción del riesgo alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Marco de Sendai. Por consiguiente, Castro-Castelo (2024) propone un enfoque multidimensional que integre dimensiones sociales, ambientales, económicas e institucionales, demostrando que la capacidad de adaptación depende de la interacción entre estos componentes y no exclusivamente de la infraestructura física. Currie Ríos y Pérez González (2021) también mencionan que la Evaluación Ambiental Estratégica facilita la integración de medidas de adaptación y mitigación desde las primeras etapas del ordenamiento territorial, mientras que Machado y Bonilla-Bedoya (2024) señalan que, aunque Ecuador ha fortalecido su marco normativo en materia de adaptación climática, perduran limitaciones relacionadas con el financiamiento, la disponibilidad de información técnica y la coordinación entre instituciones públicas.

En este contexto, los estudios de Suárez Tóala et al. (2025) y Palacios-López et al. (2025), quienes identifican a la infraestructura verde, la movilidad sostenible y la transición energética son estrategias capaces de reducir emisiones contaminantes y fortalecer la resiliencia urbana. Por lo demás, Cedeño Cevallos (2024) sostiene que el involucramiento de la comunidad fortalece la apropiación social de las estrategias de resiliencia y favorece la sostenibilidad de las intervenciones públicas. Peralta Justillo (2025) define que la infraestructura hidráulica debe planificarse considerando tanto el crecimiento demográfico como los escenarios futuros derivados del cambio climático, especialmente en ciudades costeras expuestas a eventos extremos.

De igual manera, Delgado Sacón et al. (2024) evidencian que ciudades intermedias como Calceta han experimentado incrementos en la temperatura y modificaciones en los patrones de precipitación durante las últimas décadas, favoreciendo la ocurrencia de inundaciones recurrentes. Estos resultados guardan relación con las proyecciones climáticas para la región costera ecuatoriana, donde se prevé un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, por ello, Zambrano-Arteaga et al. (2025) señalan que la renovación de los frentes marítimos y la planificación territorial, crean oportunidades para mejorar la funcionalidad urbana y aumentar la resiliencia frente a los efectos del cambio climático, particularmente en ciudades cuya dinámica económica depende directamente de las actividades portuarias.

La resiliencia urbana en las ciudades costeras del Ecuador depende de la planificación territorial, fortalecimiento institucional, infraestructura sostenible y participación social. Los estudios concuerdan en que el crecimiento urbano desordenado, la ocupación de zonas de riesgo y la insuficiente integración de la variable climática continúan siendo los principales factores que incrementan la vulnerabilidad de los territorios. Por tanto, se debe avanzar a hacia modelos y estrategias de infraestructura resiliente que permitan incrementar la sostenibilidad de los territorios costeros.

**Tabla 1.** Revisión y categorización del estudio

| <b>Categoría de análisis</b>                    | <b>Autores</b>                                                         | <b>Principales aportes</b>                                                                                                                                                    | <b>Implicaciones para la resiliencia urbana en ciudades costeras del Ecuador</b>                                                                                            |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Monitoreo ambiental y gestión de residuos       | Ferdous et al. (2024)                                                  | Aplicación de imágenes satelitales Sentinel-2 para detectar residuos en zonas urbanas y costeras, optimizando el monitoreo ambiental.                                         | Facilita la vigilancia ambiental de playas y ciudades costeras mediante tecnologías de bajo costo para apoyar la gestión territorial.                                       |
| Infraestructura verde y servicios ecosistémicos | Nero et al. (2024); Fernandes Barros et al. (2024); Chen et al. (2024) | Destacan el papel de la vegetación urbana en la captura de carbono, regulación térmica, infiltración del agua y reducción de contaminantes atmosféricos.                      | Promueve soluciones basadas en la naturaleza para disminuir inundaciones, mejorar la calidad ambiental y fortalecer la adaptación climática.                                |
| Resiliencia climática y gestión del riesgo      | Almheiri et al. (2024); Pizzorni et al. (2024); Gomaa et al. (2024)    | Analizan la resiliencia desde una perspectiva integral, incorporando eventos compuestos, SIG y planificación basada en riesgos.                                               | Favorece la planificación territorial considerando inundaciones, sequías y amenazas costeras asociadas al cambio climático.                                                 |
| Gobernanza, planificación urbana y resiliencia  | Jacobsen et al. (2024); Katsumbe et al. (2024); Wei et al. (2024)      | Resaltan la importancia de la gobernanza, el aprendizaje automático y el análisis sistémico para comprender la interacción entre infraestructura, agua, energía y transporte. | Impulsa modelos de planificación integrados que reduzcan la vulnerabilidad urbana y mejoren la toma de decisiones.                                                          |
| Contexto ecuatoriano y vulnerabilidad costera   | Borbor-Córdova et al. (2020); Mena et al. (2022)                       | Evidencian que la expansión urbana desordenada incrementa la exposición a inundaciones y otros riesgos climáticos en ciudades costeras del Ecuador.                           | Demuestra la necesidad de fortalecer el ordenamiento territorial y restringir la ocupación de zonas de riesgo, especialmente ante eventos asociados al Fenómeno de El Niño. |

|                                                     |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planificación territorial y políticas de adaptación | Machado (2021); Rivas Gómez y Aparicio Moreno (2023); Castro-Castelo (2024); Currie Ríos y Pérez González (2021); Machado y Bonilla-Bedoya (2024)                      | Plantean que la resiliencia requiere planificación preventiva, fortalecimiento institucional, integración de la adaptación climática y coordinación entre los diferentes niveles de gobierno. | Orienta el diseño de políticas públicas para incorporar criterios de adaptación y gestión del riesgo en el desarrollo urbano.                            |
| Infraestructura sostenible y participación social   | Suárez Tóala et al. (2025); Palacios-López et al. (2025); Cedeño Cevallos (2024); Peralta Justillo (2025); Delgado Sacón et al. (2024); Zambrano-Arteaga et al. (2025) | Analizan la infraestructura verde, la movilidad sostenible, la infraestructura hidráulica, la participación ciudadana y la planificación de frentes marítimos como estrategias de adaptación. | Contribuye al desarrollo de infraestructura resiliente, fortaleciendo la sostenibilidad y la capacidad adaptativa de las ciudades costeras ecuatorianas. |

## Conclusiones

La revisión sistemática de la evidencia científica permitió identificar que las estrategias de mayor potencial de aplicación para fortalecer la resiliencia de las ciudades costeras del Ecuador son aquellas que integran infraestructura gris-verde, a través de un enfoque de planificación territorial y gestión del riesgo. La evidencia analizada muestra que las obras hidráulicas convencionales, cuando se implementan de forma aislada, resultan ineficientes para responder a los efectos del cambio climático, por lo que requieren complementarse con medidas de conservación y recuperación de ecosistemas costeros que contribuyan a regular los procesos hidrológicos y reducir la vulnerabilidad de la infraestructura física.

Los estudios revisados evidencian que la planificación de obras civiles debe considerar criterios de equidad territorial, priorización del riesgo y cobertura integral de los servicios urbanos. Asimismo, el fortalecimiento de la resiliencia urbana en el litoral ecuatoriano requiere avanzar hacia una planificación de infraestructura sustentada en información hidrológica y climática actualizada, con criterios de diseño acordes a escenarios futuros y una gestión institucional que garantice la planificación, operación y mantenimiento de la infraestructura.

La ausencia de estas estrategias incrementa la vulnerabilidad de la infraestructura física frente a amenazas como inundaciones pluviales y fluviales, erosión litoral, socavación, oleajes extremos, sobrecarga de los sistemas de drenaje, favoreciendo la ocurrencia de fallas funcionales y estructurales que comprometen la continuidad de los servicios básicos. Por ello, incorporar criterios de adaptación climática en el diseño,

construcción y gestión de las obras civiles es una condición necesaria para mejorar el desempeño y la capacidad de respuesta de las ciudades costeras frente a escenarios climáticos cada vez más exigentes.

## Referencias

- Almheiri, A., Montenegro, J. F., Ewane, B. E., & Mohan, M. (2024). Climate change hazards and the resilience of coastal cities in the GCC countries: A systematic literature review. *City and Environment Interactions*, 24, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100177>
- Borbor-Córdova, M. J., et al. (2020). Un marco operacional para la vulnerabilidad urbana ante inundaciones en la región del estuario del Guayas: el caso de Durán. *Sustainability*, 12(24), 10292.
- Castro-Castelo, R. (2024). Resiliencia urbana en Cienfuegos. Enfoque multidimensional para la adaptación al cambio climático. *Revista Arquitectura y Urbanismo*, 45(1), 41–52.
- Cedeño Cevallos, A. G. (2024). Estrategias de adaptación climática en comunidades costeras: participación ciudadana e innovación social. *Revista Pulso Científico*, 2(4), 15–27.
- Chen, H., Kardos, L., Chen, H., & Szabó, V. (2024). Investigating physiological responses and fine particulate matter interaction with urban trees in a botanical garden. *City and Environment Interactions*, 24, 100182. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100182>
- Currie Ríos, R., & Pérez González, G. (2021). Cambio climático y planificación urbana: Desafíos y oportunidades para la Evaluación Ambiental Estratégica. *Revista de Derecho Ambiental*, (16), 73–107.
- Delgado Sacón, A. M., Vera Vera, M. J., & González González, L. (2024). Análisis del impacto del cambio climático en la ciudad de Calceta, Manabí, Ecuador. *Revista Científica – Ingenierías*, 14(9).
- Ebissa, G., Fetene, A., & Desta, H. (2024). Study on quality of treated wastewater for urban agriculture use in Addis Ababa, Ethiopia. *City and Environment Interactions*, 24, 100157. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100157>
- Endalew Terefe, A., & Hou, Y. (2024). Determinants influencing the accessibility and use of urban green spaces: A review of empirical evidence. *City and Environment Interactions*, 24, 100159. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100159>
- Feng, G., Bi, Y., Zhang, Y., Cai, Y., & Huang, K. (2020). Study on the motion law of aerosols produced by human respiration under the action of thermal plume of different intensities. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101935. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101935>
- Ferdous, M. N., Hossain, M. I., & Manik, M. (2024). Applications of remote sensing and GIS techniques for identifying of the plastic waste from space: Evidence from Khulna city corporation in Bangladesh. *City and Environment Interactions*, 24, 100179. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100179>
- Fernández-Pampillón, J., Palacios, M., Núñez, L., & Pujadas, M. (2024). DeNOxing the air in urban spaces by building and construction photocatalytic coverings. *City and Environment Interactions*, 24, 100170. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100170>

- Fernandes Barros, B., do Amaral, R., Fonseca, M. T., Pereira dos Santos, G., Barcellos de Souza, G., de Alvarenga Pereira Costa, S., & Scotti, M. R. (2024). Old-growth Ficus trees provide soil water and carbon storage to urban greenspaces in a Brazilian metropolis. *City and Environment Interactions*, 24, 100171. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100171>
- Flanagan, E., Mattisson, K., Oudin, A., Gustafsson, S., & Malmqvist, E. (2024). Health impact assessment of exposure to road traffic noise based on different densification scenarios in Malmö, Sweden. *City and Environment Interactions*, 24, 100176. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100176>
- Halkos, G., Aslanidis, P. S., Landis, C., Papadaki, L., & Koundouri, P. (2024). A review of primary and cascading hazards by exploring individuals' willingness-to-pay for urban sustainability policies. *City and Environment Interactions*, 24, 100178. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100178>
- Hama, S. M. L., Kumar, P., Harrison, R. M., Bloss, W. J., Khare, M., Mishra, S., ... & Sharma, C. (2020). Four-year assessment of ambient particulate matter and trace gases in the Delhi-NCR region of India. *Sustainable Cities and Society*, 54, 102003. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.102003>
- Iracheta-Lara, I. Z., & Hernández, V. (2025). Revisión sistemática sobre resiliencia urbana en contextos de informalidad y la articulación con la gobernanza territorial y la modelación climática. *Revista Decumanus*, 15(15).
- Jacobsen, K., Hollander, J. B., Sternlieb, S. R., Yimere, A., Naegel, A., & Schwalm, C. (2024). Urban policy responses to climate hazards in Addis Ababa, Ethiopia. *City and Environment Interactions*, 24, 100162. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100162>
- Katsumbe, T. H., Telukdarie, A., Munsamy, M., & Tshukudu, C. (2024). Extraction of the essential elements for urban system-of-systems modelling: A 2-tier knowledge extraction protocol. *City and Environment Interactions*, 24, 100166. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100166>
- Koopmans, M., Schwaab, J., Vicedo-Cabrera, A. M., & Davin, E. L. (2024). Mapping heat-related risks in Swiss cities under different urban tree scenarios. *City and Environment Interactions*, 24, 100175. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100175>
- Kriesten, T. F., Ziemann, A., Goldberg, V., & Schünemann, C. (2024). The effect of regional, urban and future climate on indoor overheating: A building performance simulation study for the Central European region. *City and Environment Interactions*, 24, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100163>
- Llewellyn, J., Katzeff, C., Pargman, D., & Johansson, F. (2024). Citizen perceptions and interactions towards self-sufficiency, community plot ratio and civic generosity within sustainable neighbourhoods. *City and Environment Interactions*, 24, 100180. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100180>
- Machado, I. B. R. (2021). La necesidad de resiliencia en las ciudades frente el reto del cambio climático. *Revista Percursos*, 22(49).
- Machado, C., & Bonilla-Bedoya, S. (2024). Adaptación al cambio climático en Ecuador: análisis del marco normativo y su concordancia con la normativa internacional. *CienciAmérica*, 13(1).

- Mena, C. F., Benítez, F. L., Sampedro, C., Martínez, P., Quispe, A., & Laituri, M. (2022). Modelando el crecimiento urbano y los impactos del cambio climático: el caso de la ciudad de Esmeraldas, Ecuador. *Sustainability*, 14(8), 4704.
- Nero, B. F., Kuusaana, E. D., Ahmed, A., & Campion, B. B. (2024). Carbon storage and tree species diversity of urban parks in Kumasi, Ghana. *City and Environment Interactions*, 24, 100156. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100156>
- Palacios-López, L. A., Pinargote-Bravo, V. J., Moran-González, M. R., & Navarro-Saltos, G. E. (2025). Estrategias para mitigar el cambio climático en ciudades sostenibles mediante una revisión de la literatura. *Perspectivas innovadoras en investigación y ciencia*, 3(2).
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., & Mulrow, C. D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*(71), 372 . <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Peralta Justillo, R. A. (2025). Crecimiento Urbano y Gestión del Agua: Perspectivas Económicas para infraestructura sostenible [Estudio de caso]. Repositorio DSpace Universidad Politécnica Salesiana.
- Pizzorni, M., Bruna, G., Matanó, A., Gomaa, M., van Loon, A. F., & Tollin, N. (2024). Droughts and floods in a changing climate and implications for urban resilience: A review of the interplay and integrated management. *City and Environment Interactions*, 24, 100169. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100169>
- Rivas Gómez, E. M., & Aparicio Moreno, C. E. (2023). El desafío de la gestión de la resiliencia de las ciudades intermedias latinoamericanas frente a la emergencia climática. En *Ciudad y sociedad contemporánea: Enfoques, prácticas y reflexiones desde su comprensión territorial* (pp. 195–234). Fundación Dialnet.
- Safo, L. K. A., Safo, A. R., Liwur, S. B., & Nti, E. K. (2024). Green spaces in Ghana's built environment: Analyzing perceptions and urban planning perspectives through the lens of the New Environmental Paradigm. *City and Environment Interactions*, 24, 100168. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100168>
- Suárez Tóala, R. A., Vélez Soledispa, B. P., Arévalo Guamán, D. F., Lino Calle, V. A., & Carvajal Rivadeneira, D. D. (2025). Infraestructuras resilientes al cambio climático: análisis textual discursivo sobre adaptación, mitigación y sostenibilidad en la construcción. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*.
- Tarpani, E., Bitossi, L., Cureau, R., Pigliautile, I., Biscarini, C., & Pisello, A. L. (2024). Revitalizing tactical urban parks (TUPs) through environmental monitoring and participatory approaches for urban overheating mitigation. *City and Environment Interactions*, 24, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100164>
- Toku, A., Amoah, S. T., & N-yanbini, N. N. (2024). Exploring the potentials of urban crop farming and the question of environmental sustainability. *City and Environment Interactions*, 24, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100167>

- Uchida, A., Kameoka, T., Ise, T., Matsui, H., & Uchida, Y. (2024). Social factors of urban greening: Demographics, social capital, and neighborhood satisfaction in Kyoto City, Japan. *City and Environment Interactions*, 24, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100160>
- Wan, X., Zhou, R., Li, L., Yang, C., Lian, J., Zhang, J., ... & Yuan, Y. (2024). Relationship between negative air ions and environmental factors in different urban functional zones of Suzhou, China. *City and Environment Interactions*, 24, 100181. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100181>
- Wei, Y., Lemoy, R., & Caruso, G. (2024). The effect of population size on urban heat island and ambient NO2 concentration: A review and meta-analysis. *City and Environment Interactions*, 24, 100161. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100161>
- Zambrano-Arteaga, D. G., & Reyna-García, A. E. (2025). La arquitectura portuaria y su impacto en el desarrollo urbano de las ciudades costeras ecuatorianas. Una revisión narrativa de literatura. *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*.