FACULTAT DE TRADUCCIÓ I INTERPRETACIÓ

GRAU D'ESTUDIS EN ÀSIA ORIENTAL

TREBALL DE FI DE GRAU

Curs 2025-2026

El concepto de ciudad esponja en China: balance del modelo a partir del caso de Shenzhen

Joselyne Aylin Henriquez Mosquera

1382205

TUTOR

David Saurí Pujol

Barcelona, 31 de mayo de 2026

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

Datos del TFG

Título: "El concepto de ciudad esponja en China: balance del modelo a partir del caso de Shenzhen"

Autor/a: Joselyne Aylin Henriquez Mosquera

Tutor/a: David Saurí Pujol

Centro: Universitat Autònoma de Barcelona

Estudios: Estudios de Asia Oriental

Curso académico: 2025-2026

Palabras clave

Ciudad esponja, China, Shenzhen, inundaciones urbanas, gestión de aguas pluviales, infraestructura verde, planificación urbana sostenible, resiliencia urbana.

Resumen del TFG

Este trabajo analiza el concepto de ciudad esponja en China y realiza un balance de su evolución a partir del caso de Shenzhen. La investigación parte del contexto de urbanización acelerada, que ha favorecido la impermeabilización del suelo y el aumento del riesgo de inundaciones urbanas en las ciudades chinas. Estos factores impulsaron la necesidad de transformar los sistemas tradicionales de gestión del agua pluvial. A partir de esta problemática, se estudian los principios generales de la ciudad esponja, un modelo urbano que incorpora soluciones basadas en la naturaleza e infraestructuras verdes para favorecer la infiltración, la retención, la reutilización y el drenaje sostenible del agua.

A partir de una revisión bibliográfica de fuentes académicas, documentos institucionales y materiales gráficos, el trabajo desarrolla un estudio de caso centrado en Shenzhen, incorporada al programa de ciudades esponja en 2016. El análisis permite observar cómo este modelo se ha aplicado en la ciudad mediante distintas técnicas, así como valorar sus principales resultados, limitaciones y desafíos hasta 2024. Finalmente, el trabajo reflexiona sobre la utilidad de la ciudad esponja como estrategia para mejorar la resiliencia urbana frente a las inundaciones y sobre su posible adaptación a otros contextos urbanos con problemas similares.

Dades del TFG

Títol: “El concepte de ciutat esponja a la Xina: balanç del model a partir del cas de Shenzhen”

Autor/a: Joselyne Aylin Henriquez Mosquera

Tutor/a: David Saurí Pujol

Centre: Universitat Autònoma de Barcelona

Estudis: Estudis d’Àsia Oriental

Curs acadèmic: 2025-2026

Paraules clau

Ciutat esponja, Xina, Shenzhen, inundacions urbanes, gestió de les aigües pluvials, infraestructura verda, planificació urbana sostenible, resiliència urbana.

Resum del TFG

Aquest treball analitza el concepte de ciutat esponja a la Xina i fa un balanç de la seva evolució a partir del cas de Shenzhen. La recerca parteix del context d'urbanització accelerada, que ha afavorit la impermeabilització del sòl i l'augment del risc d'inundacions urbanes a les ciutats xineses. Aquests factors van impulsar la necessitat de transformar els sistemes tradicionals de gestió de l'aigua pluvial. A partir d'aquesta problemàtica, s'estudien els principis generals de la ciutat esponja, un model urbà que incorpora solucions basades en la natura i infraestructures verdes per afavorir la infiltració, la retenció, la reutilització i el drenatge sostenible de l'aigua.

A partir d'una revisió bibliogràfica de fonts acadèmiques, documents institucionals i materials gràfics, el treball desenvolupa un estudi de cas centrat en Shenzhen, incorporada al programa de ciutats esponja el 2016. L'anàlisi permet observar com aquest model s'ha aplicat a la ciutat mitjançant diferents tècniques, així com valorar-ne els principals resultats, les limitacions i els desafiaments fins al 2024. Finalment, el treball reflexiona sobre la utilitat de la ciutat esponja com a estratègia per millorar la resiliència urbana davant les inundacions i sobre la seva possible adaptació a altres contextos urbans amb problemàtiques similars.

TFG Data

Title: "The sponge city concept in China: An assessment of the model based on the case of Shenzhen"

Author: Joselyne Aylin Henriquez Mosquera

Tutor: David Saurí Pujol

Institution: Universitat Autònoma de Barcelona

Studies: East Asian Studies

Academic year: 2025-2026

Keywords

Sponge city, China, Shenzhen, urban flooding, stormwater management, green infrastructure, sustainable urban planning, urban resilience.

Abstract

This paper analyses the concept of the sponge city in China and provides an assessment of its evolution through the case study of Shenzhen. The research begins by examining the context of rapid urbanization, which has contributed to soil impermeabilization and an increased risk of urban flooding in Chinese cities. These factors led to the need to transform traditional stormwater management systems. Based on this issue, the study examines the general

principles of the sponge city, an urban model that incorporates nature-based solutions and green infrastructure to promote water infiltration, retention, reuse and sustainable drainage.

Based on a literature review of academic sources, institutional documents and graphic materials, the paper develops a case study focused on Shenzhen, which was incorporated into the sponge city program in 2016. The analysis shows how this model has been applied in the city through different techniques, while also assessing its main results, limitations and challenges up to 2024. Finally, the paper reflects on the value of the sponge city as a strategy to improve urban resilience against flooding and on its potential adaptation to other urban contexts with similar problems.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, David Saurí, por su ayuda, orientación y acompañamiento durante la realización de este Trabajo de Fin de Grado. Gracias por ser un tutor amable, atento y por guiarme a lo largo de este proceso. También quiero agradecerle haberme introducido en el mundo de las ciudades esponja, un tema que al principio era nuevo para mí, pero que poco a poco se ha convertido en una parte importante de mi aprendizaje.

También quiero dar las gracias a mi familia, por estar siempre a mi lado y apoyarme durante estos años de grado, con todo lo que este camino ha implicado. En especial, quiero agradecer a mi madre, por estar siempre pendiente de que todo me fuera bien, por acompañarme, escucharme y aconsejarme en cada momento. Gracias por tu paciencia, por tu apoyo y por estar presente incluso en los momentos en los que yo misma dudaba.

A mi pareja, Xiang He, gracias por tu apoyo incondicional y por acompañarme en tantas tardes de llamadas mientras realizaba este trabajo. Gracias por darme ánimos, por escucharme y por estar presente a pesar de la distancia. También quiero agradecerte tu ayuda cuando necesitaba orientarme con algunas fuentes en chino. Gracias por hacer que este proceso fuera un poco más fácil.

A mis conejos, Bony y Estela, gracias por acompañarme durante este proceso. Vuestra compañía también ha sido importante para mí.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas que, de una forma u otra, han estado presentes durante esta etapa. Este trabajo cierra una etapa académica y personal muy importante, marcada por años de aprendizaje, dudas, crecimiento y experiencias que me han acompañado más allá de la universidad, entre ellas mi estancia en China. Gracias por acompañarme en este camino. Espero que este trabajo sea solo un paso más dentro de todo lo que todavía me queda por aprender.

Índice

1. Introducción 1

1.1. Contexto y antecedentes 1

1.2. Justificación 1

1.3. Objetivos generales y específicos 2

1.4. Metodología y estructura del trabajo 2

2. Marco teórico 4

2.1. Proceso de urbanización y transformación del territorio en China 4

2.2. Las inundaciones como principal riesgo climático en el contexto urbano chino .. 6

2.3. El modelo de ciudad esponja 7

2.3.1. Origen del concepto 7

2.3.2. Concepto y principios fundamentales 8

2.3.3. Técnicas y soluciones 9

2.3.4. Alcance y limitaciones del modelo 10

3. Metodología 12

4. Análisis del caso: Shenzhen 14

4.1. Contextualización urbana y climática de Shenzhen 14

4.2. Shenzhen como ciudad piloto del programa de ciudad esponja 15

4.3. Implementación del modelo de ciudad esponja en Shenzhen 19

4.4. Resultados, limitaciones y balance del modelo de ciudad esponja en Shenzhen 23

5. Conclusiones 27

6. Bibliografía 30

1. Introducción

1.1. Contexto y antecedentes

En las últimas décadas, China ha experimentado un intenso proceso de urbanización que ha transformado profundamente sus ciudades y su territorio en general. Esta expansión urbana ha implicado la construcción de edificios e infraestructuras y, con ello, el aumento de superficies impermeables. Como consecuencia, se ha reducido la capacidad natural del suelo para absorber el agua de lluvia y ha aumentado la presión sobre los sistemas tradicionales de drenaje.

Este problema resulta especialmente relevante en aquellas zonas donde las precipitaciones son abundantes e intensas. En muchas ciudades chinas, la combinación entre un crecimiento urbano acelerado y episodios de lluvia intensa puede superar la capacidad de los sistemas de drenaje e incrementar el riesgo de inundaciones urbanas.

Ante esta situación, surge el concepto de ciudad esponja, un modelo de planificación urbana que busca recuperar parte de la capacidad natural del territorio para absorber, retener, filtrar y reutilizar el agua de lluvia. Su objetivo principal es reducir los daños asociados a las inundaciones urbanas, mejorar la gestión del agua en las ciudades y avanzar hacia formas de planificación más sostenibles y resilientes.

1.2. Justificación

El estudio del modelo de ciudad esponja resulta relevante en un contexto marcado por el crecimiento urbano acelerado y el aumento del riesgo de inundaciones urbanas. En el caso de China, la rápida expansión de las ciudades ha favorecido la impermeabilización del suelo y ha aumentado la presión sobre los sistemas tradicionales de drenaje. Por ello, resulta necesario analizar nuevas formas de planificación urbana capaces de responder a estos desafíos.

La elección de Shenzhen como caso de estudio se justifica por su condición de ciudad piloto dentro del programa chino de ciudades esponja, así como por su rápido desarrollo urbano y su exposición a lluvias intensas. Estas características permiten observar cómo se ha aplicado el modelo en una ciudad concreta y valorar su efectividad a partir de las técnicas implementadas, los datos de precipitación disponibles y los resultados descritos en las fuentes consultadas.

Con este trabajo se pretende contribuir a una mejor comprensión del modelo de ciudad esponja como estrategia de adaptación urbana. El análisis también permite identificar los principales avances, desafíos y limitaciones del modelo en Shenzhen hasta 2024. Este límite temporal responde a la disponibilidad de fuentes consolidadas y permite realizar una valoración más ajustada de los resultados.

1.3. Objetivos generales y específicos

El objetivo general es analizar la aplicación del modelo de ciudad esponja en China a partir del caso de Shenzhen, con el fin de realizar un balance de sus principales avances, desafíos y limitaciones hasta 2024. Para ello, se toma como caso de estudio Shenzhen, una ciudad piloto especialmente relevante por su rápido crecimiento urbano y por su exposición a lluvias intensas. Esta elección permite analizar cómo se ha aplicado el modelo en un contexto urbano complejo e identificar sus principales avances, desafíos y limitaciones.

De manera específica, los objetivos del trabajo son:

1. Analizar el contexto urbano y climático que impulsó la aplicación del modelo de ciudad esponja en Shenzhen.
2. Examinar las principales medidas implementadas en Shenzhen dentro del programa.
3. Evaluar los resultados y limitaciones del modelo en relación con la gestión del agua urbana y la reducción del riesgo de inundaciones.
4. Valorar el potencial del modelo como respuesta a los desafíos urbanos y climáticos actuales.

1.4. Metodología y estructura del trabajo

Este trabajo adopta un enfoque principalmente cualitativo, basado en la revisión de fuentes bibliográficas, documentos institucionales y estudios académicos sobre la urbanización en China, los riesgos climáticos urbanos y el modelo de ciudad esponja. Además, se incorporan algunos datos cuantitativos procedentes de informes oficiales y estudios previos, con el fin de contextualizar el caso de Shenzhen y reforzar el análisis.

La investigación se completa con un estudio de caso centrado en Shenzhen, ciudad seleccionada por su condición de piloto dentro del programa chino de ciudades esponja,

por su rápido crecimiento urbano y por su elevada exposición a lluvias intensas e inundaciones. Este enfoque permite observar cómo se ha aplicado el modelo en el contexto urbano de Shenzhen y valorar sus principales resultados, limitaciones y desafíos hasta 2024.

El trabajo se estructura en seis apartados, incluida la bibliografía. Tras esta introducción, se desarrolla el marco teórico, donde se abordan el proceso de urbanización en China, las inundaciones urbanas como riesgo climático y los fundamentos del modelo de ciudad esponja. A continuación, se presenta la metodología utilizada. Después, se analiza el caso de Shenzhen, atendiendo a su contexto urbano y climático, su incorporación al programa, las principales técnicas aplicadas y el balance de los resultados obtenidos. Finalmente, el trabajo se cierra con las conclusiones y la bibliografía.

2. Marco teórico

2.1. Proceso de urbanización y transformación del territorio en China

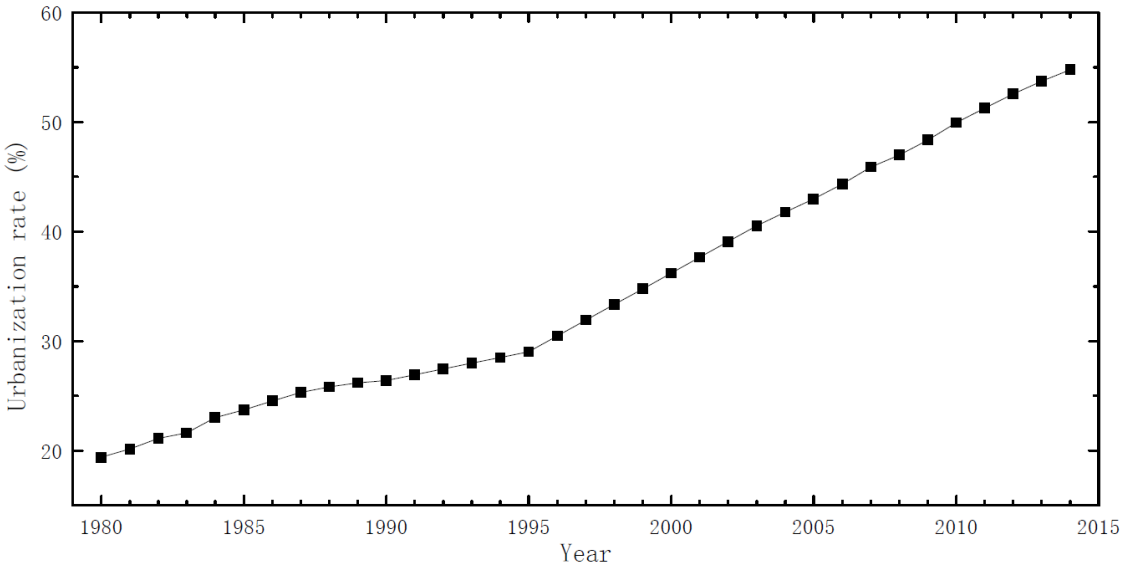
Antes de entrar en el concepto del modelo de ciudad esponja, conviene contextualizar el proceso de urbanización que ha experimentado China en las últimas décadas y su impacto sobre la transformación del territorio. Este proceso no solo modificó la estructura y la imagen de las ciudades, sino que también generó nuevas presiones ambientales asociadas al crecimiento urbano. En este contexto, resulta necesario comprender cómo la expansión de las superficies urbanizadas alteró la relación entre ciudad y agua.

Según Cabeza Ferrero (2025), la urbanización en China se intensificó a partir de las reformas económicas impulsadas por Deng Xiaoping en 1978. Estas reformas se basaron en la política de apertura y en la transición hacia una economía orientada al mercado. Antes de su aplicación, China se caracterizaba por ser una sociedad de base rural y con un bajo nivel de industrialización. Además, las reformas favorecieron la migración de población rural hacia las grandes ciudades costeras y las principales áreas metropolitanas, con el objetivo de impulsar el crecimiento económico y desarrollar distintos sectores productivos. Como resultado, estas regiones se consolidaron como motores económicos del país y la urbanización quedó asociada a ideas de progreso y prosperidad.

Este crecimiento urbano no solo tuvo consecuencias económicas, sino que también transformó la relación entre ciudad, territorio y medio ambiente. Su alcance puede apreciarse en la evolución de la tasa de urbanización en China, que aumentó de forma continuada entre 1980 y 2014, tal como muestra la Figura 1.

Figura 1.

Evolución de la tasa de urbanización en China (1980–2014)



Fuente. "Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities", por H. Li, L. Ding, M. Ren, C. Li y H. Wang, 2017, *Water*, 9(9), 594, p. 2 (https://doi.org/10.3390/w9090594). Copyright 2017 por los autores. Licencia CC BY.

El crecimiento continuo de la población urbana también influyó en la planificación. Se promovió un uso intensivo del suelo y se consolidaron entornos urbanos densos y altamente artificializados. En este contexto, se expandieron complejos residenciales de alta densidad, organizados como enclaves cerrados con amplios jardines interiores. Estas formas urbanas alteraron de manera notable la organización espacial y la imagen de muchas ciudades chinas (Marques, 2018).

La urbanización ha sido considerada un elemento clave para el desarrollo del país, tanto por el gobierno chino como por instituciones internacionales. En este sentido, Navarrete (2014) señala que el informe *China 2030: Building a Modern, Harmonious and Creative Society* plantea la necesidad de avanzar hacia una urbanización más eficiente y sostenible. Esta orientación incluye mejoras en la gobernanza urbana, la planificación del suelo y la gestión integrada del territorio.

En definitiva, el proceso de urbanización chino ha transformado profundamente el territorio y ha generado nuevas presiones ambientales en las ciudades. La artificialización del suelo y la alteración del ciclo hídrico urbano ayudan a explicar la

creciente importancia de las inundaciones como problema urbano y la necesidad de replantear la gestión del agua en el marco de la planificación urbana.

2.2. Las inundaciones como principal riesgo climático en el contexto urbano chino

Las inundaciones se han convertido en uno de los principales riesgos climáticos en el contexto urbano chino. Esta situación se explica tanto por el impacto del rápido proceso de urbanización sobre el territorio como por el aumento de las precipitaciones extremas. La concentración de población en grandes áreas metropolitanas, la impermeabilización del suelo y las limitaciones de los sistemas de drenaje han aumentado la exposición de muchas ciudades chinas a este tipo de fenómenos.

En términos generales, el cambio climático está contribuyendo a alterar el ciclo hidrológico y a favorecer precipitaciones más intensas y recurrentes. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), este proceso incrementa el riesgo de inundaciones, especialmente en entornos urbanos, donde la capacidad de absorción del suelo y las infraestructuras de drenaje pueden resultar insuficientes (Martínez López, 2023). En este contexto, diversos estudios señalan que China se encuentra entre los países más afectados por las precipitaciones extremas, responsables de importantes pérdidas humanas y, sobre todo, materiales (Gu et al., 2022).

Para comprender este fenómeno en China, también es necesario considerar sus características geográficas y climáticas. Se trata de un territorio muy extenso y con una gran diversidad climática, en el que predominan amplias áreas montañosas, mientras que las zonas más llanas y aptas para la urbanización se concentran en la franja costera (Cabeza Ferrero, 2025). Precisamente en estas regiones del este y del sur se registran niveles más altos de precipitaciones extremas, asociados a los monzones torrenciales y a los tifones, debido a la influencia del sistema monzónico y de los ciclones tropicales. Esta situación incrementa la exposición de algunos de los principales núcleos urbanos del país (Gu et al., 2022).

A estos factores naturales se suma el impacto del crecimiento urbano acelerado. La expansión de las infraestructuras urbanas y de las superficies construidas ha favorecido la impermeabilización del suelo y ha reducido su capacidad natural de absorción. Como

consecuencia, durante episodios de lluvia intensa el agua es evacuada con mayor rapidez hacia sistemas de drenaje que a menudo no pueden asumir tal volumen, lo que aumenta la probabilidad de inundaciones urbanas (Gu et al., 2022). De este modo, el problema no responde únicamente a factores climáticos, sino también a un modelo de urbanización que ha alterado profundamente el ciclo hídrico en las ciudades.

Ante esta situación, en los últimos años China ha impulsado un cambio progresivo en sus políticas urbanas y ambientales. Según Marques (2018), este giro se refleja en la adopción de criterios de construcción más sostenibles y en la incorporación de enfoques de planificación que integran procesos naturales en el diseño urbano. En una línea similar, Navarrete (2014) señala que el crecimiento urbano e industrial ha deteriorado los sistemas naturales vinculados al agua y ha dificultado una gestión más equilibrada del recurso. Además, el autor advierte que la planificación urbana contemporánea en China ha tendido a priorizar criterios estéticos por encima de los procesos ecológicos.

En definitiva, las inundaciones urbanas se han consolidado como uno de los principales desafíos ambientales de la China contemporánea. La combinación de las características geográficas del país, la urbanización acelerada y las precipitaciones extremas ha puesto de manifiesto las limitaciones de los modelos tradicionales de drenaje y planificación. Este escenario ha favorecido la búsqueda de nuevas estrategias urbanas capaces de integrar procesos naturales en la gestión del agua, como plantea el modelo de ciudad esponja.

2.3. El modelo de ciudad esponja

2.3.1. Origen del concepto

El modelo de ciudad esponja surge en un contexto marcado por la complejidad del desarrollo urbano y la creciente influencia de eventos extremos, como las lluvias de gran intensidad. No obstante, conviene señalar que este modelo no aparece de manera aislada, sino que incorpora influencias internacionales procedentes de países desarrollados de Occidente, como el Desarrollo de Bajo Impacto (LID) en Estados Unidos, el Sistema de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) en el Reino Unido y el Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD) en Australia (Yin et al., 2022), entre otros.

El término “ciudad esponja” tampoco se originó en China. Se había utilizado previamente para hacer frente a problemas relacionados con la gestión del agua en otros países, como India o Vietnam. Sin embargo, es en China donde el concepto adquiere una dimensión política más amplia. El programa se lanzó oficialmente a finales de 2014 bajo la dirección y el apoyo del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Rural (MOHURD), el Ministerio de Finanzas y el Ministerio de Recursos Hídricos (MWR) (Zevenbergen et al., 2018).

El aumento de la población urbana en China, intensificado desde las reformas económicas de 1978, ha ido acompañado de un crecimiento de los problemas relacionados con la sostenibilidad urbana, la gestión del agua y la exposición a fenómenos climáticos extremos. En este escenario, las inundaciones urbanas se han consolidado como uno de los principales desafíos, con efectos económicos, ambientales y sociales. Por este motivo, el gobierno chino impulsó programas piloto de construcción de ciudades esponja (Li et al., 2017).

En conjunto, el modelo parte de ideas desarrolladas en otros países, pero China las adapta a su contexto. Además, el gobierno lo impulsa como una estrategia nacional para reducir problemas urbanos, especialmente las inundaciones asociadas a la urbanización rápida y al aumento de fenómenos climáticos extremos.

2.3.2. Concepto y principios fundamentales

La definición oficial de ciudad esponja hace referencia a una ciudad con un sistema de gestión del agua que funciona como una esponja, capaz de absorber, almacenar, infiltrar y purificar el agua de lluvia para liberarla y reutilizarla cuando sea necesario. Aunque el modelo contempla también la mejora de la calidad del agua y la restauración ecológica, su aplicación se ha vinculado especialmente a la reducción del riesgo de inundaciones urbanas asociadas a precipitaciones intensas (Li et al., 2017).

Desde el punto de vista conceptual, el modelo se apoya en una serie de principios que sustituyen el paradigma del “drenaje rápido” por una gestión integral del ciclo urbano del agua. Yin et al. (2022) sintetizan esta filosofía en seis principios clave: infiltración, detención, retención, purificación, reutilización y descarga. Este enfoque propone retener el agua, favorecer su infiltración en el suelo y promover su reutilización, en

lugar de canalizarla de forma inmediata hacia sistemas de evacuación, como ocurre en los drenajes tradicionales.

En resumen, el modelo de ciudad esponja cambia la forma de gestionar el agua en la ciudad. Ya no se centra en evacuarla rápidamente, sino en retenerla, infiltrarla y reutilizarla dentro del propio entorno urbano.

2.3.3. Técnicas y soluciones

Según Yin et al. (2022), la ciudad esponja no se basa en una única técnica, sino en un conjunto de medidas que se combinan según el contexto urbano. Su implementación requiere una perspectiva multiescalar, a nivel de parcela, distrito y ciudad.

A escala de parcela, se aplican soluciones pequeñas y distribuidas en un edificio o espacio concreto, como el pavimento permeable, los denominados "jardines de lluvia" y las cubiertas ajardinadas. Estas medidas permiten gestionar el agua en origen, en el mismo lugar donde cae la lluvia, y reducen el volumen que llega al sistema de drenaje.

A escala de distrito, se incorporan medidas que actúan en la calle y en espacios públicos, como zanjas de infiltración y depósitos de retención. Estas soluciones permiten captar y regular el agua de lluvia procedente de varias manzanas, y reducen la presión sobre el sistema de drenaje.

A escala de ciudad, se integran soluciones de almacenamiento y regulación, como los humedales urbanos. Estas actuaciones se planifican para gestionar volúmenes más altos de agua y reducir el riesgo de inundaciones (Yin et al., 2022).

Entre las técnicas de control en origen, destaca el pavimento permeable, que consiste en una superficie construida con materiales porosos o con juntas permeables que permiten el paso del agua hacia las capas inferiores del suelo. Con ello se reduce la escorrentía superficial y disminuye la presión sobre el sistema de drenaje, ya que parte del agua se infiltra en el terreno. Por este motivo, su instalación resulta especialmente adecuada en zonas peatonales o con baja circulación de vehículos, como aceras, plazas o caminos. En cambio, no se recomienda en espacios con riesgo de contaminación o con tráfico intenso, como estaciones de servicio o determinadas áreas de aparcamiento por el potencial de arrastrar sustancias contaminantes hacia el subsuelo y los acuíferos. Existen

diferentes tipos de pavimentos permeables, y su elección depende del uso del área y de las condiciones del lugar (Xue, 2020).

Otra técnica a la misma escala es el jardín de lluvia o área de retención biológica. Se trata de una zona verde excavada y diseñada para captar el agua de lluvia, filtrarla y retenerla de manera temporal. Además, puede integrarse como elemento paisajístico y mejorar el espacio público. Este tipo de solución suele aplicarse en parques, patios, plazas o áreas verdes próximas a edificios. Permite gestionar parte del agua en el propio lugar de caída y reducir la escorrentía que llega al sistema de drenaje (Xue, 2020).

No todas las técnicas del modelo a esta escala se aplican a nivel de suelo. También existen soluciones integradas en los edificios, como las cubiertas ajardinadas, que retienen parte del agua de lluvia y aportan beneficios ambientales, como la reducción de la contaminación del aire y la aportación de frescor en momentos de calor intenso. Esta técnica consiste en instalar una capa de sustrato y vegetación sobre la cubierta del edificio. La vegetación actúa como una barrera natural, ya que absorbe parte del agua de lluvia y aprovecha los nutrientes del sustrato (Xue, 2020).

Por último, dentro de las intervenciones de mayor alcance, los humedales urbanos comparten la lógica de retener el agua, pero tienen una capacidad superior a la de los jardines de lluvia. Se trata de espacios diseñados o restaurados para almacenar agua y ralentizar el flujo, lo que favorece procesos naturales. Su función principal es el almacenamiento y la laminación de caudales, es decir, la reducción de los picos de agua durante lluvias intensas, además de su integración paisajística. Por ello, suelen planificarse a escala de ciudad, con el objetivo de gestionar volúmenes más altos de agua y reducir el riesgo de inundaciones (Yin et al., 2022).

En conjunto, las técnicas mencionadas permiten gestionar parte del agua de lluvia dentro del propio espacio urbano. Reducen la escorrentía y alivian la presión sobre el drenaje convencional. Su efectividad depende de cómo se combinen y de la escala a la que se apliquen. Aun así, ofrecen una vía de actuación frente a problemas como las inundaciones urbanas asociadas a precipitaciones intensas.

2.3.4. Alcance y limitaciones del modelo

Una vez definidos el concepto, los principios fundamentales y las principales técnicas de la ciudad esponja, conviene considerar cómo este modelo se traduce en la práctica.

Su aplicación no depende únicamente de la incorporación de infraestructuras verdes, sino también de la capacidad de cada ciudad para integrarlas en la planificación urbana, financiarlas, coordinarlas institucionalmente y adaptarlas a sus condiciones locales. A partir de la bibliografía consultada, pueden identificarse varias limitaciones principales.

1. Límites financieros

El gobierno central chino asignó a cada ciudad piloto entre 400 y 600 millones de yuanes anuales durante tres años. Además, se animó a las ciudades a obtener financiación complementaria mediante asociaciones público-privadas (Li et al., 2017). No obstante, la implementación a gran escala de la ciudad esponja requiere inversiones muy elevadas y existen dificultades para consolidar esquemas de financiación fiables, en parte por la experiencia limitada en este tipo de proyectos (Zevenbergen et al., 2018).

2. Problemas institucionales y de coordinación

La implementación del modelo exige coordinación entre diferentes instituciones y sectores. En la práctica, esta coordinación no siempre es fluida debido a diferencias de intereses y reparto de responsabilidades. Además, resulta necesario revisar normas y regulaciones para identificar inconsistencias o contradicciones y mejorar su coherencia (Yin et al., 2022).

3. Desigualdades territoriales

China presenta una gran diversidad climática, con diferencias notables en precipitaciones y temperaturas entre regiones. Este factor influyó en la selección de las ciudades piloto, ya que se incluyeron tanto ciudades del noreste con climas fríos como ciudades situadas en zonas áridas del centro-norte del país (Li et al., 2017). Por ello, no todas las ciudades parten de las mismas condiciones para aplicar el modelo, y su implementación puede ofrecer resultados desiguales según el contexto local.

Además, las necesidades y prioridades de la ciudad esponja varían según la escala de intervención. Yin et al. (2022) señalan que los objetivos, los indicadores y los contenidos del modelo cambian en función de si se actúa a escala de parcela, distrito o ciudad. Por ello, las actuaciones pueden orientarse a aliviar problemas hídricos concretos o a mejorar el entorno habitacional, entre otros objetivos.

4. Dificultades técnicas

Las principales dificultades técnicas aparecen al aplicar el modelo en ciudades ya consolidadas. La implementación integrada suele requerir más tiempo que los enfoques sectoriales tradicionales. Por ello, transformar el parque construido existente exige una planificación a largo plazo y su alineación con procesos de renovación urbana, como la rehabilitación, la restauración y la regeneración. Además, existen limitaciones vinculadas al espacio disponible, a la infraestructura de drenaje ya instalada y a la necesidad de adaptar las medidas a eventos extremos (Zevenbergen et al., 2018).

En conjunto, el modelo de ciudad esponja presenta un alcance considerable como estrategia de adaptación urbana, aunque su efectividad depende de las condiciones económicas, institucionales, territoriales y técnicas de cada ciudad. Estas limitaciones resultan especialmente relevantes para el análisis del caso de Shenzhen, ya que permiten evaluar hasta qué punto el modelo logra consolidarse más allá de la fase piloto y qué obstáculos persisten en su implementación a escala urbana.

3. Metodología

La metodología utilizada en este trabajo se basa principalmente en la revisión bibliográfica y documental. Para la elaboración del marco teórico se han consultado artículos académicos, trabajos universitarios, informes institucionales y estudios especializados sobre la urbanización en China, las inundaciones urbanas y el modelo de ciudad esponja. Estas fuentes han permitido contextualizar el surgimiento del modelo y explicar sus principales fundamentos, técnicas, alcances y limitaciones.

Para el análisis del caso de Shenzhen, la investigación se ha apoyado en fuentes primarias y secundarias. Entre las fuentes primarias se incluyen datos estadísticos, gráficos meteorológicos, informes oficiales y materiales procedentes de organismos públicos chinos, especialmente aquellos relacionados con las precipitaciones, la gestión del agua y los episodios de inundación en la ciudad. Estas fuentes permiten aproximarse de manera más directa a la situación concreta de Shenzhen y reforzar el análisis del caso de estudio.

Estas fuentes se han complementado con fuentes secundarias especializadas, como artículos académicos, estudios previos e informes técnicos sobre la aplicación del

modelo de ciudad esponja en China y en Shenzhen. Estas fuentes han sido útiles para interpretar los datos disponibles, comprender las características del programa y valorar sus resultados y limitaciones desde una perspectiva más amplia.

Un aspecto relevante de la metodología ha sido la incorporación de fuentes en lengua china. Para ello, el trabajo selecciona y utiliza artículos académicos, gráficos, datos meteorológicos y noticias procedentes de medios e instituciones chinas. Estas fuentes resultan especialmente útiles para el estudio de caso, ya que permiten acceder a información más específica y cercana al contexto de Shenzhen.

El trabajo combina, por tanto, un enfoque cualitativo con el uso complementario de datos cuantitativos. El análisis cualitativo se basa en la interpretación de la bibliografía y de los documentos consultados, mientras que los datos cuantitativos se emplean para contextualizar la evolución de las precipitaciones, la exposición al riesgo de inundación y algunos objetivos técnicos del programa de ciudad esponja. No obstante, estos datos no se utilizan para realizar un análisis estadístico propio, sino como apoyo para valorar de forma más precisa el caso de Shenzhen.

Finalmente, conviene señalar que la investigación presenta algunas limitaciones. La disponibilidad de datos homogéneos y comparables sobre inundaciones antes y después de la implementación del modelo es reducida, lo que dificulta medir con exactitud su efectividad. Por ello, el trabajo no pretende ofrecer una evaluación definitiva del éxito del programa, sino realizar un balance crítico a partir de las fuentes disponibles.

4. Análisis del caso: Shenzhen

4.1. Contextualización urbana y climática de Shenzhen

Para comprender la elección de Shenzhen como caso de estudio, conviene situar brevemente su localización, su evolución urbana y las características climáticas que condicionan su relación con el agua.

Shenzhen se sitúa en el sur de China, en la provincia de Guangdong, junto a Hong Kong y en el delta del río Perla. Su localización ha sido históricamente estratégica, tanto por su proximidad a Hong Kong como por su acceso al golfo y la presencia de puertos (véanse Figuras 2 y 3).

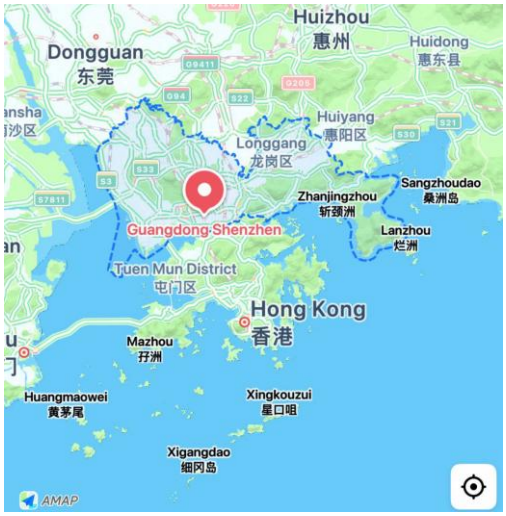
Figura 2.

Localización de Shenzhen en China



Figura 3.

Localización de Shenzhen y su entorno metropolitano



Fuente. Captura de pantalla elaborada a partir de Amap (Gaode Ditu), por AutoNavi Software Co., Ltd., 2026 (https://www.amap.com). Copyright Amap.

Originalmente, Shenzhen era un pequeño asentamiento pesquero cuya localización resultaba favorable por la disponibilidad de recursos marinos y por su estrecha relación económica y funcional con Hong Kong. Estas condiciones contribuyeron a sentar las bases de su desarrollo posterior (Zeng, 2013, citado en Cabeza Ferrero, 2025).

Su transformación urbana se aceleró a partir de la década de 1980, cuando fue designada como Zona Económica Especial (ZEE) en el marco de las reformas de apertura económica emprendidas por el país. Estas zonas se concibieron como espacios orientados a atraer inversión extranjera e impulsar la industrialización mediante la

mejora de infraestructuras y servicios. En pocas décadas, la ciudad pasó de ser un núcleo de pequeña escala a consolidarse como una de las grandes metrópolis del sur de China, con un fuerte desarrollo industrial y una creciente especialización tecnológica. La inversión extranjera desempeñó un papel clave en este proceso, favoreciendo la modernización económica y la mejora del nivel de vida (Cabeza Ferrero, 2025).

En la actualidad, Shenzhen es uno de los principales centros económicos y tecnológicos de China, hasta el punto de ser conocido como el "Silicon Valley" del país (Cabeza Ferrero, 2025). En este proceso también fue relevante el papel de Deng Xiaoping, quien impulsó su desarrollo otorgándole una función experimental como espacio para poner a prueba las reformas económicas orientadas al mercado (Jenkins, 2020).

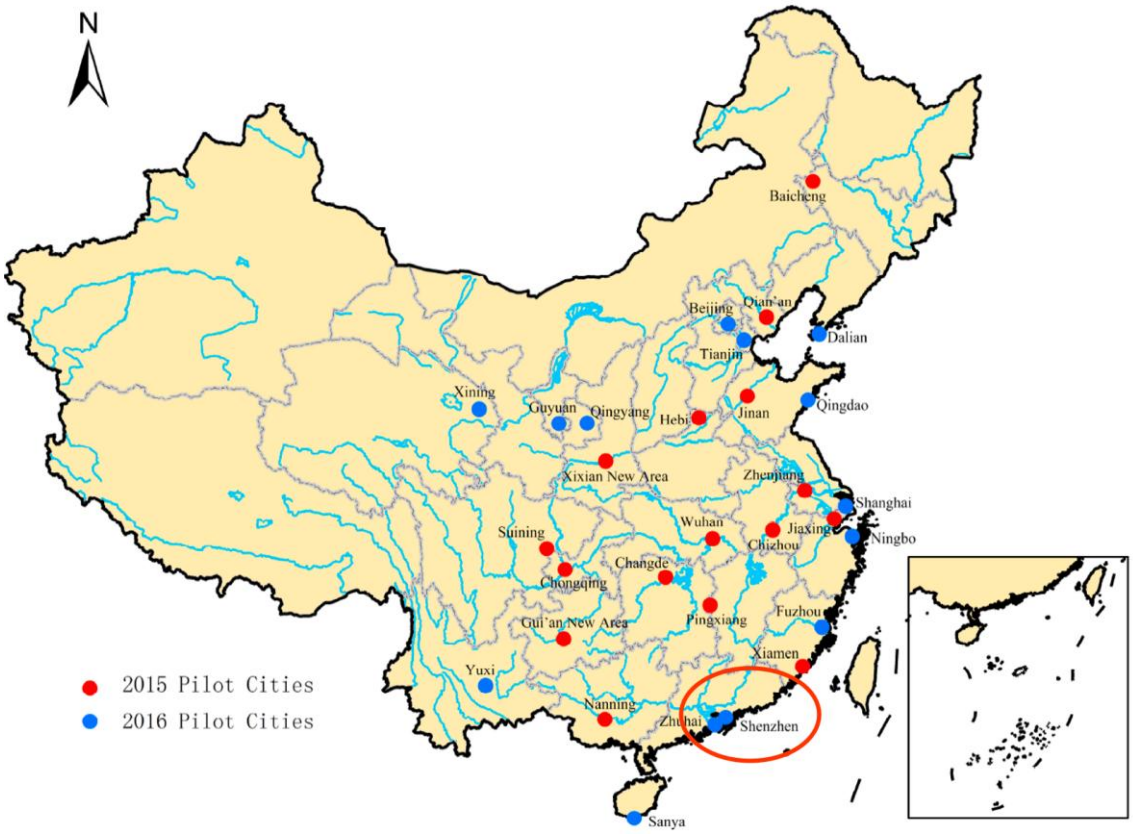
Desde el punto de vista climático, Shenzhen se localiza en una región de clima monzónico tropical, con precipitaciones intensas durante los meses de verano y exposición a los tifones. Esta condición incrementa su exposición al riesgo de inundación y convierte la gestión del agua en una cuestión especialmente relevante en el contexto urbano de la ciudad.

4.2. Shenzhen como ciudad piloto del programa de ciudad esponja

El programa de ciudades esponja se lanzó a finales de 2014 bajo la dirección del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Rural, el Ministerio de Finanzas y el Ministerio de Recursos Hídricos. En abril de 2015 se seleccionó un primer grupo de 16 ciudades piloto, al que se sumaron otras 14 en 2016, entre ellas Shenzhen (Li et al., 2017). El objetivo del programa era mejorar la gestión del agua urbana, especialmente en ciudades con alta vulnerabilidad frente a inundaciones, mediante financiación pública y mecanismos complementarios de inversión, como las asociaciones público-privadas. Shenzhen formó parte del segundo grupo de ciudades incorporadas al programa, como se aprecia en la Figura 4.

Figura 4.

Localización de las ciudades piloto de ciudad esponja en China



Fuente. Adaptado de "Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities", por H. Li, L. Ding, M. Ren, C. Li y H. Wang, 2017, *Water*, *9*(9), 594, p. 3 (https://doi.org/10.3390/w9090594). Shenzhen destacada con un círculo rojo. Copyright 2017 por los autores. Licencia CC BY.

Entre las ciudades incorporadas al programa, Shenzhen reunía condiciones especialmente favorables para la experimentación con el modelo de ciudad esponja. Su clima monzónico tropical, con precipitaciones abundantes y concentradas en determinados momentos del año, favorecía la aplicación de infraestructuras verdes y medidas de desarrollo de bajo impacto (LID). A ello se sumaban una sólida base institucional, capacidad técnica y apoyo financiero, factores que reforzaban su idoneidad como ciudad piloto (Li et al., 2017).

La Figura 5 muestra la distribución mensual de las precipitaciones en Shenzhen durante 2024 en comparación con la media climática del periodo 1997-2024. Aunque se trata de un gráfico posterior a la incorporación de Shenzhen al programa de ciudad esponja, resulta útil para observar las condiciones climáticas actuales de la ciudad. En él se aprecia una clara concentración de las lluvias entre abril y septiembre, coincidiendo con

los meses de mayor influencia del régimen monzónico. Durante el resto del año, las precipitaciones son mucho más reducidas, lo que evidencia el contraste entre la estación lluviosa y la estación más seca.

Además, algunos meses de 2024, especialmente abril, mayo y septiembre, registraron valores superiores a la media climática. Este dato no permite valorar por sí solo la eficacia del modelo de ciudad esponja, pero sí muestra que Shenzhen continúa expuesta a episodios de lluvia intensa. Por ello, el gráfico permite contextualizar la persistencia del riesgo hídrico en la ciudad y ayuda a entender por qué la gestión del agua pluvial sigue siendo un aspecto central en el análisis del caso.

Figura 5.

Precipitación mensual media en Shenzhen en 2024 y media climática del periodo 1997-2024



Fuente. Adaptado de *2024 年深圳市气候公报 [Boletín climático de Shenzhen 2024]*, por 深圳市气象局 [Oficina Meteorológica de Shenzhen], 2025, 深圳市气象局, p. 3 (https://weather.sz.gov.cn/mobile/qixiangfuwu/qihoufuwu/qihouguanceyupinggu/nianduqihougongbao/content/post_11981025.html).

La Figura 6 muestra la evolución de la precipitación media durante el periodo de *Longzhou shui* en Shenzhen desde 2008. Este periodo, comprendido entre el 21 de mayo y el 20 de junio, resulta relevante porque permite comparar años anteriores y posteriores a la incorporación de Shenzhen al programa de ciudad esponja en 2016. El gráfico muestra que 2008 fue el año con mayor precipitación dentro de la serie, mientras que 2024 presenta un repunte significativo y se sitúa como uno de los episodios más intensos del periodo reciente.

Según el informe climático oficial de Shenzhen, durante el *Longzhou shui* de 2024 la ciudad registró 532,4 mm de precipitación media y 6 días de lluvia intensa o superior a escala municipal, el mayor número para ese mismo periodo desde 2008. Estos datos no permiten evaluar de forma directa la eficacia del modelo de ciudad esponja, ya que el gráfico mide precipitaciones y no inundaciones ni daños materiales. Sin embargo, sí muestran que Shenzhen continúa expuesta a episodios de lluvia intensa. Por ello, la figura resulta útil para contextualizar la persistencia del riesgo hídrico y la necesidad de mantener estrategias urbanas orientadas a gestionar la escorrentía y reducir la presión sobre el drenaje convencional.

Figura 6.

Evolución de la precipitación media durante el periodo de Longzhou shui en Shenzhen, 2008-2024



Fuente. 2024 年深圳市气候公报 [Boletín climático de Shenzhen 2024], por 深圳市气象局 [Oficina Meteorológica de Shenzhen], 2025, 深圳市气象局, p. 16 (https://weather.sz.gov.cn/mobile/qixiangfuwu/qihoufuwu/qihouguanceyupinggu/nianduqihougongbao/content/post_11981025.html).

A estos factores climáticos se suma otro elemento decisivo: el rápido crecimiento urbano de Shenzhen. En pocas décadas, la ciudad pasó de ser un asentamiento de pequeña escala a consolidarse como una gran metrópolis y un importante centro de innovación. Sin embargo, ese mismo crecimiento acelerado también generó importantes desafíos ambientales. La expansión de superficies impermeables, como el asfalto y el hormigón, alteró el ciclo hidrológico urbano y agravó los problemas de escorrentía durante episodios de lluvia intensa. Como consecuencia, se produjeron inundaciones

generalizadas y arrastre de contaminantes hacia la bahía de Shenzhen y el delta del río Perla (Jenkins, 2020).

En conjunto, la elección de Shenzhen como ciudad piloto se explica por la combinación de factores climáticos, urbanos e institucionales. Su incorporación al programa no respondió únicamente a su carácter innovador, sino también a la necesidad de intervenir en una ciudad expuesta a lluvias intensas, escorrentía urbana e insuficiencias del drenaje convencional. Por ello, Shenzhen constituye un caso de estudio especialmente relevante para analizar cómo el modelo de ciudad esponja se adapta a un contexto urbano complejo y cuáles son sus principales alcances y limitaciones.

4.3. Implementación del modelo de ciudad esponja en Shenzhen

Según Li et al. (2017), la implementación del modelo de ciudad esponja en Shenzhen estuvo condicionada por las características ambientales específicas de la ciudad. Al tratarse de una ciudad costera de tierras bajas, situada en una región tropical y con precipitaciones elevadas, nivel freático alto, suelos con baja capacidad de drenaje, intrusión marina y procesos de salinización, algunas estrategias basadas en la infiltración presentaban mayores limitaciones que en otros contextos. En Shenzhen, la adopción del modelo de ciudad esponja estuvo vinculada tanto a su carácter innovador como a la necesidad de responder a problemas hídricos cada vez más visibles en el entorno urbano (Jenkins, 2020).

El mismo estudio recoge los principales parámetros climáticos, objetivos de control de escorrentía y estrategias LID previstos para Shenzhen, lo que permite comprender mejor la lógica de adaptación seguida en la ciudad. Tal como se observa en la Tabla 1, entre los objetivos planteados destacaban el control del 70% de la escorrentía y la priorización de determinadas soluciones, como los techos verdes, frente a otras medidas más condicionadas por las características del suelo.

Tabla 1.

Parámetros climáticos, objetivos de control de escorrentía y principales estrategias LID en Shenzhen

Datos	Shenzhen
Temperatura anual (ºC)	22.4
Precipitación anual (mm)	1837
Evaporación anual (mm)	1675
Control de escorrentía (%)	70
Control de escorrentía (mm)	31.3
Recursos de lluvia (%)	≥8
Techo verde (%)	≥30
Verde deprimido (%)	≥10
Adoquín permeable (%)	≥70

Fuente. Adaptado de "Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities", por H. Li, L. Ding, M. Ren, C. Li y H. Wang, 2017, *Water*, *9*(9), 594, p. 7 (https://doi.org/10.3390/w9090594). Copyright 2017 por los autores. Licencia CC BY.

En este sentido, la aplicación del modelo en Shenzhen no respondió a una implantación uniforme, sino a una selección de medidas ajustada a las condiciones físicas e hidrológicas del entorno local. A partir de ello, pueden analizarse algunas de las técnicas más representativas implementadas en la ciudad.

1. Techos verdes en edificios

Una de las técnicas más representativas en Shenzhen ha sido la instalación de techos verdes. Estas soluciones permiten captar parte del agua de lluvia directamente sobre los edificios, reducir la escorrentía y liberarla de forma más gradual. Jenkins (2020) menciona, en primer lugar, los experimentos realizados en una sede local de la Universidad de Pekín en Shenzhen, donde el equipo de Huapeng Qin estudia el funcionamiento de estas cubiertas mediante sensores. Además, identifica varios ejemplos de aplicación en la ciudad, como los techos verdes instalados en la planta de tratamiento de aguas de Guangming y en una escuela local de idiomas extranjeros.

El artículo de Liu et al. (2020) permite añadir otro caso relevante: el edificio experimental de estructuras civiles de la Universidad de Shenzhen. En este proyecto se

incorporaron techos ecológicos y techos azules, junto con otras soluciones de ciudad esponja como jardines de lluvia, sistemas de biorretención y pavimentos permeables. Este ejemplo muestra que los techos verdes no se aplican como una medida aislada, sino dentro de sistemas más amplios de captación, almacenamiento y regulación del agua pluvial.

Otro caso significativo es el proyecto experimental desarrollado en la aldea urbana de Gangxia, impulsado con la participación de "The Nature Conservancy" (Jenkins, 2020). Este ejemplo resulta relevante porque muestra que las técnicas de ciudad esponja no solo se aplican en nuevos desarrollos urbanos o edificios institucionales, sino también en zonas densas y consolidadas, donde el espacio disponible es mucho más limitado.

2. Pavimentos permeables

El pavimento permeable constituye otra de las técnicas destacadas en Shenzhen. Su función es reducir la escorrentía superficial y permitir que parte del agua se infiltre o se almacene temporalmente antes de llegar al sistema de drenaje. En Guangming, Jenkins (2020) menciona su uso en senderos, estacionamientos, calles próximas a la estación de tren de alta velocidad y espacios públicos vinculados al centro deportivo.

El artículo de Liu et al. (2020) permite concretar esta aplicación a través del caso de Dengliang Road, en el distrito de Nanshan. Esta vía incorporó pavimento permeable en las zonas de movilidad lenta, además de jardines de lluvia, zonas verdes deprimidas y sistemas de drenaje natural integrados en las áreas ajardinadas de la calle. El caso resulta relevante porque muestra cómo las soluciones de ciudad esponja pueden incorporarse al diseño ordinario de una vía urbana, sin limitarse a parques o edificios aislados.

Sin embargo, esta técnica no puede aplicarse de forma automática. En Shenzhen, la presencia de una capa arcillosa bajo buena parte del suelo urbano limita la infiltración profunda. Por ello, algunos proyectos requieren excavar parte del terreno y sustituirlo por grava o suelo más permeable (Jenkins, 2020). Este aspecto muestra que la aplicación de estas soluciones depende de una adaptación técnica al contexto local, y no solo de la reproducción de medidas generales.

3. Parques y espacios verdes

Los parques y espacios verdes han sido otro ámbito importante de aplicación del modelo de ciudad esponja en Shenzhen. Según Liu et al. (2020), entre 2017 y 2018 se completaron 318 proyectos de parques y zonas verdes, con una superficie total de 21,6 km².

Un ejemplo significativo es el parque Xiangmi, conocido como parque del Lago de Miel. Según Jenkins (2020), este antiguo espacio de experimentación agrícola fue transformado en un parque urbano de 42,5 hectáreas. En su diseño se incorporaron senderos con pavimento permeable, zonas húmedas con vegetación y estanques, entre otros elementos pensados para captar y regular parte del agua de lluvia. De este modo, el parque no solo funciona como un espacio recreativo y paisajístico, sino también como parte del sistema de drenaje urbano.

En Guangming, el Parque Nueva Ciudad aparece como otro ejemplo relevante. Jenkins (2020) lo describe como un modelo de retención de agua pluvial en el propio lugar, ya que incorpora pavimento permeable en los senderos, celosías que absorben agua en el estacionamiento, zonas húmedas con vegetación y mini humedales artificiales diseñados para detener y absorber la escorrentía.

4. Renovación urbana e infraestructuras complejas

La aplicación del modelo de ciudad esponja en Shenzhen también se ha extendido a proyectos de renovación urbana. Un ejemplo es Jiazitang Village, en el distrito de Guangming, donde Liu et al. (2020) describen una intervención integral orientada a mejorar el drenaje y el entorno comunitario. En este caso, se combinaron actuaciones sobre la red de saneamiento y drenaje con la incorporación de infraestructuras verdes, como pavimentos permeables, humedales y márgenes ecológicos.

El mismo estudio menciona el caso del depósito Changzhen de la línea 6 del metro de Shenzhen. En este proyecto se adaptaron soluciones de ciudad esponja a una infraestructura de transporte, mediante techos ecológicos, jardines de lluvia, sistemas de almacenamiento y dispositivos elevados de biorretención.

En conjunto, los ejemplos analizados permiten observar que la ciudad esponja en Shenzhen no se basa en una solución única. Su aplicación se construye a partir de la

combinación de distintas técnicas, como techos verdes, pavimentos permeables, parques adaptados, humedales e intervenciones en infraestructuras urbanas. Todas estas medidas comparten una misma finalidad: gestionar mejor el agua de lluvia dentro de la ciudad y reducir la presión sobre el drenaje convencional. Al mismo tiempo, el caso de Shenzhen muestra que estas técnicas deben adaptarse a cada espacio y a las condiciones locales, ya que no funcionan de la misma manera en un edificio, una calle, un parque o una zona urbana consolidada. A partir de esta implementación, el siguiente apartado analiza los principales resultados y limitaciones del modelo en Shenzhen.

4.4. Resultados, limitaciones y balance del modelo de ciudad esponja en Shenzhen

El caso de Shenzhen permite observar que la aplicación del modelo de ciudad esponja ha supuesto avances importantes en la gestión del agua urbana. Como se ha visto en el apartado anterior, la ciudad ha incorporado distintas técnicas, como techos verdes, pavimentos permeables, jardines de lluvia, humedales artificiales y zonas verdes adaptadas a la retención de agua. Estas medidas se han aplicado en espacios muy diferentes, desde edificios y calles hasta parques, aldeas urbanas e infraestructuras de transporte.

Uno de los principales resultados es que Shenzhen ha conseguido integrar la gestión del agua en distintos ámbitos de la planificación urbana. La ciudad esponja no aparece solo como una solución técnica, sino como una forma de repensar algunos espacios urbanos para que puedan cumplir más de una función. Por ejemplo, parques como Xiangmi Park o Guangming New City Park no solo funcionan como espacios recreativos, sino también como áreas capaces de captar, retener y regular parte del agua de lluvia. Lo mismo ocurre con algunas intervenciones en calles o edificios, donde las soluciones verdes ayudan a reducir la escorrentía y a aliviar la presión sobre el drenaje convencional.

Este aspecto resulta importante porque muestra que el modelo no se basa en una única técnica. En Shenzhen, la ciudad esponja se ha desarrollado mediante la combinación de varias medidas adaptadas a cada espacio. En algunos casos se han priorizado los techos verdes; en otros, los pavimentos permeables, los jardines de lluvia o los humedales. Por tanto, su aplicación depende tanto de los objetivos del proyecto como de las condiciones

físicas del lugar. Esta idea es especialmente relevante en una ciudad como Shenzhen, donde el crecimiento urbano ha sido muy rápido y donde no todos los espacios ofrecen las mismas posibilidades de intervención.

Además de su función frente a la escorrentía, estas medidas también aportan beneficios ambientales y sociales. La creación de zonas verdes, humedales y parques urbanos puede mejorar la calidad del espacio público y hacer que la ciudad sea más habitable. Por ello, el valor del modelo no debería medirse únicamente por su capacidad para reducir inundaciones, sino también por su contribución a una planificación urbana más sostenible, especialmente en relación al cambio climático y el incremento de las olas de calor.

A pesar de estos avances, el caso de Shenzhen también muestra que la ciudad esponja no puede eliminar por completo el riesgo de inundación. Una noticia publicada por "Nanfang Dushi Bao" en octubre de 2023 permite observar esta tensión entre los progresos del modelo y sus límites. Según esta fuente, desde la incorporación de Shenzhen al segundo grupo de ciudades piloto en 2016, los gobiernos central y municipal habrían invertido más de 2.380 millones de yuanes en la construcción de infraestructuras de ciudad esponja. Además, en los últimos años el número de zonas urbanas propensas a inundarse durante la temporada de lluvias habría disminuido de forma progresiva, lo que apunta a ciertos resultados positivos del programa (南方都市报, 2023).

Sin embargo, la misma noticia también recoge un episodio de lluvias extremas ocurrido en 2023, durante el cual varios distritos de Shenzhen sufrieron inundaciones importantes, especialmente Luohu y Longgang. En algunas zonas, el agua superó el metro de profundidad y fue necesario utilizar embarcaciones para realizar tareas de rescate. Este caso muestra que, aunque la ciudad haya avanzado en la construcción de infraestructuras verdes y sistemas de drenaje sostenible, sigue estando expuesta a episodios de precipitación extrema. Esta vulnerabilidad se explica por varios factores. En primer lugar, Shenzhen recibe más del 80% de sus precipitaciones anuales durante la temporada de inundaciones, lo que concentra un gran volumen de lluvia en un periodo relativamente corto. A ello se suman la influencia frecuente de tifones, la alteración de

los sistemas hídricos naturales por la urbanización y las limitaciones de algunas infraestructuras de drenaje existentes (南方都市报, 2023).

No obstante, la existencia de inundaciones no debe interpretarse automáticamente como un fracaso del modelo. La propia noticia recoge la idea de que las ciudades esponja tienen una capacidad limitada y no pueden responder por sí solas a lluvias que superan determinados umbrales de diseño. Por ello, su eficacia debe valorarse de forma más matizada. El modelo puede ser útil si consigue retener, almacenar, infiltrar o reutilizar parte del agua de lluvia, y si reduce la presión sobre el sistema de drenaje convencional. En este sentido, Shenzhen muestra que la ciudad esponja no funciona como un "escudo" absoluto frente a las inundaciones, sino como una estrategia de adaptación que debe perfeccionarse con la experiencia práctica, la mejora técnica y una planificación urbana anticipada (南方都市报, 2023).

Otra limitación está relacionada con las características físicas de la ciudad. Shenzhen se sitúa en una zona costera, con nivel freático alto y suelos que no siempre favorecen la infiltración. En algunos casos, la presencia de capas arcillosas obliga a adaptar técnicamente las soluciones, por ejemplo, sustituyendo parte del terreno por materiales más permeables. Esto demuestra que las técnicas de ciudad esponja no pueden aplicarse de forma automática, sino que necesitan ajustarse a las condiciones locales.

También hay que tener en cuenta las dificultades propias de una ciudad ya consolidada. En Shenzhen, muchos espacios urbanos están densamente construidos, por lo que no siempre resulta fácil introducir nuevas infraestructuras verdes. Además, estas medidas requieren mantenimiento, coordinación institucional y financiación continuada. Si los pavimentos permeables, jardines de lluvia o sistemas de biorretención no se mantienen correctamente, pueden perder parte de su eficacia.

Otra limitación importante es la financiación. Jenkins (2020) señala que incorporar medidas de ciudad esponja en nuevos desarrollos urbanos puede no resultar especialmente costoso si se planifican desde el inicio. Sin embargo, adaptar zonas ya construidas supone un reto mucho mayor, porque implica intervenir sobre infraestructuras existentes y asumir costes más elevados.

Además, muchas de estas infraestructuras funcionan como bienes públicos. Sus beneficios, como la reducción de la escorrentía o la mejora del espacio urbano, son

compartidos por el conjunto de la ciudad, pero no siempre generan un retorno económico directo. Por ello, su financiación depende en gran medida de la inversión pública. Desde esta perspectiva, el coste de no actuar puede parecer menor a corto plazo, pero puede acabar siendo más elevado en el futuro si aumentan los daños provocados por inundaciones (Jenkins, 2020).

Por último, una de las principales dificultades para valorar el modelo es la falta de datos homogéneos sobre inundaciones antes y después de su implementación. Aunque las fuentes consultadas muestran avances en la construcción de infraestructuras verdes y en la incorporación de medidas de drenaje sostenible, no siempre permiten medir con precisión hasta qué punto estas actuaciones han reducido los daños por inundación. Por este motivo, el balance debe realizarse con prudencia.

En conjunto, el caso de Shenzhen muestra que la ciudad esponja puede ser una estrategia útil para mejorar la gestión del agua urbana, pero también evidencia que no se trata de una solución definitiva. Su eficacia depende de muchos factores, como la intensidad de las precipitaciones, las características del suelo, la disponibilidad de espacio, el mantenimiento, la financiación y la coordinación entre diferentes actores. Por ello, el balance del modelo en Shenzhen puede considerarse positivo, aunque limitado. Ha permitido avanzar hacia una gestión más integrada del agua y ampliar la presencia de infraestructuras verdes, pero todavía necesita combinarse con otros sistemas de drenaje y con una planificación urbana a largo plazo.

5. Conclusiones

Este trabajo ha buscado comprender el papel del modelo de ciudad esponja frente a los desafíos que plantea la urbanización acelerada y el aumento del riesgo de inundaciones urbanas en China. A partir del marco teórico y del caso de Shenzhen, se ha podido comprobar que este modelo surge en un contexto donde la expansión urbana ha reducido la presencia de suelo natural capaz de absorber el agua de lluvia. Esta transformación, unida a la intensidad de las precipitaciones, ha puesto en cuestión la capacidad de los sistemas tradicionales de drenaje.

Esta idea permite entender que la ciudad esponja no supone solo la incorporación de infraestructuras verdes, sino una forma distinta de planificar la relación entre ciudad y agua. Frente a un modelo basado principalmente en evacuar el agua de lluvia lo más rápido posible, este enfoque propone retenerla, infiltrarla, almacenarla, reutilizarla y gestionarla dentro del propio espacio urbano. Por ello, su aplicación no depende de una única técnica, sino de la combinación de distintas soluciones adaptadas a las características de cada lugar.

El caso de Shenzhen permite ver esta idea de forma más concreta. Su incorporación al programa de ciudades esponja responde a varios factores: el rápido crecimiento urbano de la ciudad, su exposición a lluvias intensas y la necesidad de mejorar la gestión del agua en un espacio densamente urbanizado. Este ejemplo muestra no solo cómo se aplica el modelo en una ciudad piloto, sino también las dificultades que aparecen cuando debe adaptarse a un contexto urbano complejo.

En la práctica, el modelo se ha aplicado mediante soluciones diversas, como techos verdes, pavimentos permeables, parques adaptados, humedales e infraestructuras de transporte. Esta variedad muestra que la ciudad esponja no se limita a un único tipo de espacio, sino que busca integrar la gestión del agua en diferentes ámbitos urbanos.

El trabajo ha permitido responder al objetivo general de analizar la aplicación del modelo de ciudad esponja en China a partir del caso de Shenzhen y realizar un balance de sus principales avances, desafíos y limitaciones hasta 2024. Esta aproximación también ha permitido abordar los objetivos específicos del trabajo, relacionados con el contexto urbano y climático de Shenzhen, las medidas implementadas y los límites del modelo.

Aun así, la evaluación de su efectividad frente a las inundaciones presenta ciertos límites, ya que las fuentes consultadas aportan información sobre precipitaciones, episodios concretos de inundación y medidas implementadas, pero no datos suficientemente específicos para valorar con precisión el impacto directo del programa. Esta dificultad no resta valor al análisis, sino que permite interpretar sus resultados con mayor prudencia. El hecho de que Shenzhen siga registrando episodios de inundación no significa necesariamente que el modelo no sea útil, ya que las infraestructuras de la ciudad esponja tienen una capacidad limitada y pueden verse superadas por lluvias extremas. En este sentido, su utilidad no debería medirse únicamente por la eliminación total de las inundaciones, sino también por su capacidad para gestionar parte del agua de lluvia dentro de la ciudad y reducir la presión sobre los sistemas tradicionales de drenaje, además de contribuir a otros objetivos como la mitigación de los efectos de las olas de calor.

En conjunto, el balance del modelo en Shenzhen puede considerarse positivo por los avances que ha introducido en la gestión del agua urbana. Su aplicación ha permitido ampliar la presencia de infraestructuras verdes e incorporar la gestión del agua de lluvia en distintos espacios de la ciudad. Además, estas soluciones no solo sirven para gestionar mejor el agua, sino que también pueden mejorar el entorno urbano, crear espacios verdes y hacer que la ciudad sea más habitable. Sin embargo, su efectividad sigue dependiendo de factores como la intensidad de las precipitaciones, la disponibilidad de espacio, las características del terreno, el mantenimiento, la financiación y la coordinación institucional.

También se ha podido comprobar que la ciudad esponja necesita adaptarse al contexto local. Cada ciudad presenta condiciones urbanas, climáticas y territoriales diferentes, por lo que el modelo no debe entenderse como una fórmula aplicable de manera uniforme. Desde una perspectiva práctica, puede servir como referencia para otras ciudades, tanto en China como en otros países, que enfrentan problemas similares de urbanización, lluvias intensas e inundaciones. Su valor no está en trasladarlo de forma directa, sino en tomar sus principios como referencia y ajustarlos a cada contexto, integrando la gestión del agua en la planificación urbana y recuperando parte de las funciones naturales del suelo.

Como futura línea de investigación, sería útil contar con más datos sobre la frecuencia e intensidad de las inundaciones, los daños económicos asociados y el mantenimiento de las medidas implementadas, entre otros aspectos. Esta información permitiría valorar con mayor precisión el impacto del modelo a lo largo del tiempo. Aunque este trabajo se ha centrado en el caso de Shenzhen, una comparación con otras ciudades piloto chinas permitiría observar si los avances y dificultades identificados se repiten también en otros casos del programa.

En definitiva, este trabajo permite concluir que el modelo de ciudad esponja representa una estrategia relevante para replantear la relación entre ciudad y agua en China. El caso de Shenzhen muestra que su principal aportación no está en eliminar por completo el riesgo de inundación, sino en proponer una forma más integrada de gestionar el agua de lluvia dentro del espacio urbano. Aunque su eficacia depende de las condiciones locales y de un mantenimiento continuado, el modelo ofrece una vía para mejorar la adaptación urbana a los desafíos territoriales y climáticos actuales.

6. Bibliografía

AutoNavi Software Co., Ltd. (2026). *Amap (Gaode Ditu)* [Mapa]. https://www.amap.com

Cabeza Ferrero, L. (2025). El impacto de la geografía y las políticas de urbanización en el desarrollo económico de China [Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense de Madrid]. DOCTA: Archivo Institucional UCM. https://hdl.handle.net/20.500.14352/118836

Gu, X., Ye, L., Xin, Q., Zhang, C., Zeng, F., Nerantzaki, S. D., y Papalexiou, S. M. (2022). Extreme precipitation in China: A review on statistical methods and applications. *Advances in Water Resources, 163*, 104144. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2022.104144

Jenkins, M. (2020). Ciudad esponja: Shenzhen explora los beneficios de proyectar con la naturaleza. *Land Lines*, 8–19. https://www.lincolninst.edu/es/publications/articles/ciudad-esponja/

Li, H., Ding, L., Ren, M., Li, C., y Wang, H. (2017). Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities. *Water, 9*(9), 594. https://doi.org/10.3390/w9090594

Liu, J., Gong, X., Ren, X., Liu, C., Wu, L., y Wu, Y. (2020). 深圳市海绵城市的建设与创新 [Construcción e innovación de la ciudad esponja en Shenzhen]. *深圳大学学报理工版 [Journal of Shenzhen University Science and Engineering], 37*(4), 334–346. https://doi.org/10.3724/SP.J.1249.2020.04334

Marques, A. (2018). *El despertar del dragón* [Manuscrito]. Academia.edu. https://www.academia.edu/41456912/El_despertar_del_dragon

Martínez López, M. (2023). China frente al cambio climático: Desafíos y repercusiones de la implementación de las políticas energéticas actuales. *Asiadémica: Revista universitaria de estudios sobre Asia Oriental, 1*(18), 313–338. https://raco.cat/index.php/asiademica/article/view/415556

南方都市报. (2023, 20 de octubre). *极端特大暴雨考验下的海绵城市深圳，能否进行更多先行先试* [La ciudad esponja de Shenzhen ante la prueba de una lluvia extrema: ¿puede seguir explorando nuevas medidas piloto?]. 腾讯新闻. https://view.inews.qq.com/k/20231019A09BWC00?web_channel=wap&no-redirect=1

Navarrete, J. E. (2014). Urbanización en China: ¿Otro gran salto adelante? *Inter Disciplina, 2*(2), 205–218. https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2014.2.46535

深圳市气象局 [Oficina Meteorológica de Shenzhen]. (2025). *2024 年深圳市气候公报* [Boletín climático de Shenzhen 2024]. 深圳市气象局. https://weather.sz.gov.cn/mobile/qixiangfuwu/qihoufuwu/qihouguanceyupinggu/nianduqihougongbao/content/post_11981025.html

Xue, Z. (2020). *Sistemas de drenaje urbano sostenible* [Trabajo de fin de máster, Universidad de Alcalá]. Repositorio institucional de la Universidad de Alcalá. http://hdl.handle.net/10017/44038

Yin, D., Xu, C., Jia, H., Yang, Y., Sun, C., Wang, Q., y Liu, S. (2022). Sponge city practices in China: From pilot exploration to systemic demonstration. *Water, 14*(10), 1531. https://doi.org/10.3390/w14101531

Zevenbergen, C., Fu, D., y Pathirana, A. (2018). Transitioning to sponge cities: Challenges and opportunities to address urban water problems in China. *Water, 10*(9), 1230. https://doi.org/10.3390/w10091230