

PLANEAMIENTO URBANÍSTICO Y CAMBIO CLIMÁTICO: LA INFRAESTRUCTURA VERDE COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN

FRANCISCO J. GARCÍA SÁNCHEZ

Doctor Arquitecto

Este documento contiene una parte de la tesis "Planeamiento Urbanístico y Cambio Climático: la infraestructura verde como estrategia de adaptación. Propuesta de un marco de indicadores para la evaluación de la capacidad adaptativa", dirigida por los profesores William D. Solecki de la City University of New York y Cecilia Ribalaygua Batalla de la Universidad de Cantabria. La tesis fue leída por su autor el 23 de noviembre de 2018 en la Universidad de Cantabria con Mención Internacional y con calificación Sobresaliente Cum Laude.

Enero / Febrero 2019

Directores/as:	José Fariña Tojo – Ester Higuera García
Editora:	María Cristina García González
Consejo de Redacción:	
Directora	María Emilia Román López
Jefa de redacción	Eva Álvarez de Andrés
Comisión ejecutiva:	<i>Agustín Hernández Aja</i> (Univ. Politécnica de Madrid), <i>José Antonio Corraliza Rodríguez</i> (Univ. Autónoma de Madrid), <i>María Cristina García González</i> (Univ. Politécnica de Madrid), <i>María Emilia Román López</i> (Univ. Politécnica de Madrid), <i>Eva Álvarez de Andrés</i> (Univ. Politécnica de Madrid).
Vocales:	Isabel Aguirre de Urcola (Escola Galega Paisaxe, A Coruña), Pilar Chías Navarro (Univ. Alcalá de Henares, Madrid), Alberto Cuchí Burgos (Univ. Politécnica de Cataluña), Agustín Hernández Aja (Univ. Politécnica de Madrid), Francisco Lamíquiz Daudén (Univ. Politécnica de Madrid), María Asunción Leboreiro Amaro (Univ. Politécnica de Madrid), Rafael Mata Olmo (Univ. Autónoma de Madrid), Luis Andrés Orive (Centro de Estudios Ambientales, Vitoria-Gasteiz), Javier Ruiz Sánchez (Univ. Politécnica de Madrid), Carlos Manuel Valdés (Univ. Carlos III de Madrid), Fernando Gaja (Univ. Politécnica Valencia), Alicia de Castillo Mena (Univ. Complutense de Madrid), Joaquín Sabate Bel (Univ. Politécnica de Cataluña).
Consejo Asesor:	José Manuel Atienza Riera (Vicerrector de Estrategia Académica e Internacionalización, Univ. Politécnica de Madrid), Manuel Blanco Lage (Director de la Escuela Superior de Arquitectura, Univ. Politécnica de Madrid), José Miguel Fernández Güell (Director del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Univ. Politécnica de Madrid), Antonio Elizalde Hevia, Julio García Lanza, Josefina Gómez de Mendoza, José Manuel Naredo, Julián Salas Serrano, Fernando de Terán Troyano, María Ángeles Querol.
Comité Científico:	Antonio Acierno (Univ. Federico II di Napoli, Nápoles, ITALIA), Miguel Ángel Barreto (Univ. Nacional del Nordeste, Resistencia, ARGENTINA), José Luis Carrillo (Univ. Veracruzana, Xalapa, MÉXICO), Luz Alicia Cárdenas Jirón (Univ. de Chile, Santiago de Chile, CHILE), Marta Casares (Univ. Nacional de Tucumán, Tucumán, ARGENTINA), María Castrillo (Univ. de Valladolid, ESPAÑA), Dania Chavarría (Univ. de Costa Rica, COSTA RICA), Mercedes Ferrer (Univ. del Zulia, Maracaibo, VENEZUELA), Fernando Gaja (Univ. Politécnica de Valencia, ESPAÑA), Alberto Gurovich (Univ. de Chile, Santiago de Chile, CHILE), Josué Llanque (Univ. Nacional de S. Agustín, Arequipa, PERÚ), Angelo Mazza (Univ. degli Studi di Napoli, Nápoles, ITALIA), Luis Moya (Univ. Politécnica de Madrid, ESPAÑA), Joan Olmos (Univ. Politécnica de Valencia, ESPAÑA), Ignazia Pinzello (Univ. degli Studi di Palermo, Palermo, ITALIA), Julio Pozueta (Univ. Politécnica de Madrid, ESPAÑA), Alfonso Rivas (Univ. A. Metropolitana Azcapotzalco, Ciudad de México, MÉXICO), Silvia Rossi (Univ. Nacional de Tucumán, ARGENTINA), Adalberto da Silva (Univ. Estadual Paulista, Sao Paulo, BRASIL), Carlos Soberanis (Univ. Francisco Marroquín, Guatemala, GUATEMALA), Carlos A. Torres (Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, COLOMBIA), Graziella Trovato (Univ. Politécnica de Madrid, ESPAÑA), Carlos F. Valverde (Univ. Iberoamericana de Puebla, MÉXICO), Fernando N. Winfield (Univ. Veracruzana, Xalapa, MÉXICO), Ana Zazo (Univ. del Bio-Bio, Concepción, CHILE).

Realización y maquetación:

Maquetación: Raquel Clemente Pereiro. ciur.urbanismo.arquitectura@upm.es

© COPYRIGHT 2019

FRANCISCO J. GARCÍA SÁNCHEZ

Fecha de recepción: 01/12/2018

Fecha de aceptación: 20/01/2019

I.S.S.N. (edición impresa): 1886-6654

I.S.S.N. (edición digital): 2174-5099

DOI: 10.20868/ciur.2018.122

Depósito Legal: M-41356-2011

Año XI, Núm. 122, enero - febrero 2019, 101 págs.

Edita: Instituto Juan de Herrera

Imprime: FASTER, San Francisco de Sales 1, Madrid

Planeamiento urbanístico y cambio climático: la infraestructura verde como estrategia de adaptación

Urban planning and climate change: green infrastructure as an adaptation strategy

DOI: 10.20868/ciur.2019.122. 3870

DESCRIPTORES:

Adaptación / Cambio Climático / Planeamiento urbanístico / Infraestructura verde / Indicadores.

KEY WORDS:

Adaptation / climate change / urban planning / green infrastructure / indicators.

RESUMEN:

La integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de los usos del suelo, así como la evaluación de este proceso, se han situado de forma preferente en las políticas urbanas y en los ámbitos de gestión de las ciudades. La tesis doctoral en la que se apoya este documento aporta herramientas que permiten incorporar con éxito las estrategias de adaptación a los procesos de planificación urbanística. Entre las herramientas detectadas, la infraestructura verde juega un papel crucial en la definición de estrategias de adaptación al cambio climático. A partir de la investigación realizada se ha propuesto un marco de indicadores y parámetros de referencia para la evaluación de la capacidad adaptativa en la planificación urbanística. La aplicación a dos casos de estudio en EE. UU. (Red Hook, Brooklyn, Nueva York) y España (Zorrotzaurre, Bilbao) ha permitido validar e implementar su utilidad como instrumentos para la planificación, así como para su seguimiento y evaluación.

ABSTRACT:

The integration of adaptation to climate change into land use planning, and the monitoring and evaluation mechanisms of this process, have been preferentially placed in urban policies and city management. This research work provides tools that enable successful incorporation of adaptation strategies into urban planning processes. Among the tools identified, green infrastructure plays a key role in defining strategies for adapting cities to climate change. Based on the research carried out, an indicator framework and benchmarks for adaptive capacity assessment have been proposed. The application on two case-studies in The United States (Red Hook, Brooklyn, NY) and Spain (Zorrotzaurre, Bilbao) has enabled the tools' validation and implementation as instruments for planning, as well as for monitoring and evaluation of their adaptive capacity.

**Francisco J. García Sánchez es Doctor Arquitecto, por el Programa Interuniversitario de Patrimonio Arquitectónico, Civil, Urbanístico y Rehabilitación de Construcciones Existentes de las Universidades de Cantabria, País Vasco y Politécnica de Cataluña y Arquitecto, con las especialidades en Edificación y Urbanismo, por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.*

15492garcia@coam.es

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1911-8749> (Francisco García Sánchez)

CONSULTA DE NÚMEROS ANTERIORES/ACCESS TO PREVIOUS WORKS:

La presente publicación se puede consultar en color en formato pdf en la dirección:

This document is available in pdf format and full colour in the following web page:

<http://www2.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/institucional/publicaciones/ciur/>

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	7
2	INTEGRACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA	10
2.1	Adaptación metodológica de las herramientas de planificación y seguimiento	12
2.2	La Infraestructura Verde como estrategia de adaptación	21
2.3	Experiencia española de documentación marco sobre planeamiento urbanístico coherente con el cambio climático	31
2.3.1	“Estrategia Local de Cambio Climático” (2008)	31
2.3.2	“Manual de Planeamiento Urbanístico en Euskadi para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático” (2012).....	34
2.3.3	“Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano” (2015)	36
2.4	Conclusiones sobre la experiencia en la planificación de la Infraestructura Verde como estrategia de adaptación	38
3	PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLANEAMIENTO	43
3.1	Estrategias de Carácter Metodológico	43
3.1.1	Estrategias de mejora de la metodología en el proceso de planificación	44
3.1.2	Estrategias de mejora de la metodología en la regulación y el seguimiento	47
3.2	Estrategias de Contenido del Planeamiento Urbanístico	51
3.2.1	Determinaciones de Clasificación en Suelo Rústico.....	53
3.2.2	Suelo Rústico de Protección de Riesgos Climáticos (R-RC)	53
3.2.3	Suelo Rústico de Protección de Riesgos Hidrológicos derivados del Cambio Climático (R-RH)	54
3.2.4	Suelo Rústico de Protección para la Mitigación del Cambio Climático (R-MIT)	57
3.2.5	Suelo Rústico de Protección para la Adaptación basada en Ecosistemas (R-AbE) ..	58
3.2.6	Determinaciones en Suelo Urbano y Urbanizable: Sistemas Generales.....	59
3.2.7	Creación de la Categoría de Sistemas Generales Hídricos (Infraestructura Azul) ...	59
3.2.8	Creación de la Categoría de Sistemas Generales de Espacios Libres (Infraestructura Verde)	59

3.2.9	Delimitación de ÁREAS de ADAPTACIÓN (AA) por su contribución a la adaptación al cambio climático	66
4	EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA. PROPUESTA DE UN MARCO DE INDICADORES	70
4.1	El rol de los indicadores en el planeamiento	70
4.2	Indicadores y parámetros de referencia de la Capacidad Adaptativa de la Infraestructura Verde: experiencia previa	72
4.3	Propuesta de un Marco de Evaluación de la capacidad adaptativa de la Infraestructura Verde	73
4.3.1	Capacidad Adaptativa de la Infraestructura Azul.....	74
4.3.2	Capacidad Adaptativa de la Infraestructura Verde.....	74
4.3.3	Capacidad Adaptativa Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-RG).....	75
4.3.4	Capacidades Adaptativas Específicas por Riesgos del Cambio Climático	79
5	CONCLUSIONES	89
6	BIBLIOGRAFÍA	92

1 INTRODUCCIÓN

Las evidencias muestran que el impacto del cambio climático sobre los usos del suelo se prevé especialmente intenso en las próximas décadas, con graves implicaciones tanto sociales como económicas. La planificación territorial y urbana es una herramienta decisiva para gestionar este fenómeno, asegurando la integración de los criterios de sostenibilidad con medidas de mitigación y adaptación. A pesar de existir experiencia previa en la introducción de indicadores de sostenibilidad y mitigación en la planificación, existe una brecha en el conocimiento específica sobre la infraestructura verde como estrategia de adaptación al cambio climático. La adaptación es un proceso iterativo que exige una supervisión estrecha y una revisión de las normativas para garantizar su eficacia. La variabilidad en los efectos climáticos a largo plazo requiere un incremento en las medidas de adaptación que solo son controlables a través de una gestión adecuada de su seguimiento y evaluación.

El presente texto recoge un extracto de la tesis doctoral realizada por el autor y centrada, precisamente, en la definición de indicadores de seguimiento y parámetros de evaluación de la capacidad adaptativa de entornos urbanos en situación de vulnerabilidad frente a los riesgos derivados del cambio climático.

Para el caso concreto de los entornos urbanos, la definición de indicadores podría aumentar la capacidad de resiliencia en las ciudades. Si existen estándares o parámetros de referencia en el proceso de planificación de áreas verdes y equipamientos públicos, parece igualmente razonable definir parámetros de adaptación específicos en la planificación urbana. El aumento del riesgo debido a nuevos eventos extremos implica que las estrategias de adaptación que se han reflejado en la literatura científica durante muchos años ahora deben incorporarse en términos de legislación en la planificación urbana y territorial.

La Estrategia Europea de Adaptación de 2013 marca un punto de inflexión en los procesos de planificación urbana. Siguiendo esta directriz, la Agenda Urbana Europea, impulsada en 2016, permite interconectar los criterios de sostenibilidad urbana con las estrategias de adaptación al cambio climático necesarias para el control de riesgos. Por tanto, nos enfrentamos a un nuevo escenario en la gestión y la planificación urbana donde el control de riesgos, las tareas de mitigación y las medidas de adaptación, deben ser incorporados en la raíz de los planes de ordenación de las ciudades o de sectores de ciudad.

Uno de los problemas identificados en la literatura, así como en la propia práctica urbanística, es la falta de formación por parte de los profesionales del urbanismo en la gestión del cambio climático. Se añade, además, que el marco normativo impide la posibilidad de desarrollar un planeamiento adaptado al cambio climático. Por tanto, uno de los temas abordados en la investigación se centra en la necesidad de un cambio en los métodos de planificación para poder incorporar la adaptación al cambio climático.

Un análisis de los Informes de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (cronológico y transversal por tipo de riesgo) ha permitido identificar las principales cuestiones que atañen a los asentamientos humanos. El análisis de la

literatura sobre cómo las ciudades se enfrentan y adaptan al cambio climático se apoya en una profunda revisión de artículos científicos relacionados con la adaptación urbana y el planeamiento, así como de documentos normativos y referencias internacionales sobre casos de estudio recientes. Entre los aspectos más relevantes detectados en la literatura se demuestra la existencia de un déficit en la integración normativa y en la necesidad de incorporar indicadores y parámetros que permitan desarrollar procesos de monitoreo y evaluación de las medidas adaptativas. Se detecta la importancia que juega en este proceso la infraestructura verde como elemento sustancial de las estrategias de adaptación urbana, en especial por su capacidad de ser incorporado a diversos procesos de evaluación mediante indicadores. Con estas dos premisas (la necesidad de incorporar la adaptación dentro del marco regulatorio y el importante rol que desempeña la infraestructura verde), y a partir de una revisión que cubre todas las escalas de planeamiento (territorial, urbana y de distrito), la investigación se centra en identificar los objetivos específicos de las infraestructuras verdes como herramientas de adaptación y las posibles estrategias a desarrollar para alcanzarlos. Estas fuentes de conocimiento ratifican la idea del rol que tiene la infraestructura verde y permiten además concretar:

- Objetivos específicos de planeamiento para la adaptación al Cambio Climático
- Estrategias que se corresponden con dichos objetivos y que se subdividen en dos grandes ámbitos: Metodología del planeamiento y Contenido del planeamiento.

Las estrategias de Metodología son las que indican, por un lado, el método de planificación (con acciones como incorporar escenarios de cambio climático en el proceso de análisis o la introducción de herramientas de modelización de escenarios urbanos para proyectar la ciudad) y, por otro lado, cómo gestionar la planificación una vez aprobada a través de ordenanzas y otros instrumentos.

Se ha demostrado, a través del análisis de casos, que sin una planificación que considere la capacidad adaptativa, los efectos del cambio climático se incrementan. En los casos analizados se detecta que detrás del éxito de sus acciones adaptativas existen figuras reglamentarias que posibilitan el planteamiento de estrategias consecuentes con la variabilidad climática. La investigación realizada también ha detectado que la escala más eficaz para la integración de las estrategias, dadas las posibilidades que ofrece el marco legal español, es la municipal. Si bien en el caso del planeamiento territorial el enfoque normativo no excede de un nivel propio de directrices, es en la escala local donde las modificaciones normativas permiten la concreción de las acciones adaptativas, es decir, la introducción de nuevas categorías de clasificación y calificación coherentes con el cambio climático y con nuevas delimitaciones de áreas consecuentes con su vocación adaptativa.

La incorporación de estos aspectos en la planificación urbanística requiere, por tanto, de modificaciones en el método de planificar y regular, así como cambios sustanciales en el contenido de las categorías de suelo y áreas delimitadas. Esto se traduce en la aportación de nuevas categorías de clasificación de la infraestructura verde, tanto en suelo rústico como urbano y urbanizable, así como en la propuesta

de delimitación de áreas de especial interés por sus características específicas frente al cambio climático que se han denominado como Áreas de Capacidad Adaptativa.

Esta tesis contribuye además al avance en el conocimiento de los nuevos estándares de capacidad adaptativa al cambio climático de la infraestructura verde, especificando indicadores que incluyen criterios de sostenibilidad, así como estrategias de adaptación. A partir de la experiencia previa, se ha identificado un marco de 15 indicadores que caracterizan la capacidad adaptativa en la planificación urbanística. Una vez establecidos estos indicadores, se han reconocido para cada uno de ellos parámetros de referencia consensuados en normativas y en documentos de referencia internacionales y nacionales. Por lo tanto, son aplicables a diferentes situaciones locales y contextos regionales y nacionales.

La propuesta de determinaciones, así como los indicadores y estándares que acompañan su seguimiento, ha sido aplicada a los casos de estudio de Red Hook (Nueva York) y Zorrotzaurre (Bilbao). La selección de estos dos casos está justificada, en primer lugar, en base a los resultados de las entrevistas realizadas a una selección de ayuntamientos de Estados Unidos y España sobre las acciones de planificación adaptativa que están desarrollando. Y en segundo lugar, por ser sectores representativos de nuevas intervenciones dirigidas a una mayor resiliencia urbana. Analizados sus contextos territoriales y sus marcos legales, se ha aplicado a cada barrio los indicadores de capacidad de adaptación, lo que ha permitido identificar más nítidamente los parámetros, así como las fuentes y los procesos necesarios para realizar su seguimiento. Los resultados muestran diferencias sustanciales en las capacidades de adaptación entre ambos casos. Zorrotzaurre parte de una situación de ventaja al desarrollarse dentro de una planificación integral que asume sus condiciones de exposición al cambio climático. El barrio neoyorquino, sin embargo, obtiene de forma global peores valores resultantes debido a su estructura urbana, usos del suelo y disposición de la infraestructura verde¹.

Resultado de la aplicación de este marco de evaluación, se han validado un total de quince fichas de seguimiento para el desarrollo de la planificación en la escala intra-urbana. No obstante, en el proceso de validación se han detectado limitaciones y aspectos que dificultan la obtención de las variables necesarias. Estas fichas permiten comprobar tanto si se han seguido las estrategias de metodología de planificación como si el proyecto resultante cumple los parámetros mínimos para desarrollar su máxima capacidad de adaptación.

Entre las aplicaciones futuras de este marco de indicadores se puede destacar su capacidad para ser empleadas como herramienta de planificación para la caracterización de un entorno urbano o el desarrollo de escenarios futuros de crecimiento. También, los parámetros identificados pueden ser incorporados en las legislaciones urbanísticas al contar con la suficiente validación en distintos ámbitos y por organismos internacionales. Finalmente, una de las posibles aplicaciones es la de generar plataformas de intercambio de la información que ofrece la herramienta, siendo éste un aspecto solicitado por los organismos oficiales.

¹ Para profundizar sobre los casos de estudio nos remitimos a la lectura del capítulo 6 de la tesis doctoral.

2 INTEGRACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA

Dado que son las ciudades, actores clave en la adaptación, y que las herramientas de planeamiento deben servir para el control de la nueva variable del cambio climático, es necesario revisar tanto el carácter clave que tiene la herramienta urbanística como las principales características que debe cubrir. La reflexión sobre estas cualidades específicas del planeamiento se basará tanto en la literatura previa como en la aplicación verificada en casos contemporáneos en los que aparecen tendencias de planificación innovadoras.

La planificación, como acción necesaria para mantener la calidad del clima, se considera un beneficio público, dado que el clima en sí mismo es un bien público global por cuanto pertenece a la sociedad en su conjunto y cumple las condiciones de la propia definición de bien público: no existe "posibilidad de exclusión" y hay "ausencia de competencia" (Gallastegui & González, 2008, p. 58)². Por tanto, las acciones llevadas a cabo para mantener la calidad del clima benefician a todos.

Las medidas de mitigación, entendidas desde el punto de vista del control de las emisiones de gases de efecto invernadero, son también consideradas un bien público global. En este sentido, las estrategias llevadas a cabo lo son, puesto que benefician al conjunto de la sociedad a nivel planetario. La reducción de agentes contaminantes en la atmósfera contribuye a todos por igual en la mejora de la calidad del aire y en el control del incremento de las temperaturas medias

A pesar de este alcance de carácter universal, las estrategias y acciones de adaptación tienen un marcado origen local y, por tanto, las decisiones de intervención se fundamentan en las características particulares del entorno al que sirven. En el ámbito urbano, las medidas de mitigación y las estrategias o acciones de adaptación requieren ser complementarias y producir beneficios directos para la ciudad. Esto genera una nueva situación en la que las acciones de adaptación son parte del bien público global pues, sin su ejecución, algunas de las medidas de mitigación no podrían desarrollarse. Por ejemplo, el incremento del arbolado urbano con el objeto de ampliar la proporción de masa verde como sumidero de carbono, debe ser ubicado adecuadamente para mejorar también la capacidad de recogida de las escorrentías producidas por un evento tormentoso extremo o atenuar el efecto de isla de calor de una zona concreta de la ciudad. La acción adaptativa dirigida a contrarrestar los eventos climáticos extremos se integra por tanto necesariamente en las estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero y en las propias del planeamiento urbanístico.

De igual forma, una defensa costera o fluvial, que utilice recursos propios de la infraestructura verde o soluciones basadas en los ecosistemas existentes, favorece la

² "El clima de la Tierra es además un bien público puro de naturaleza global y transnacional, lo cual, como comentaremos más adelante en este mismo trabajo, introduce serios problemas en su gestión al no existir un organismo regulador con competencias sobre el mismo. Otro hecho que complica también la gestión del clima de la Tierra es que al tratarse de un bien público no existen derechos de propiedad asignados sobre este bien, lo que implica que existen menos incentivos para cooperar en su preservación tal como la naturaleza nos lo proporciona." (Gallastegui & González, 2008, p. 58).

reducción de gases de efecto invernadero (GEI). La complementariedad entre mitigación y adaptación, y su integración en las estrategias globales de planeamiento, resultan imprescindibles para la obtención de beneficios integrales de la inversión realizada a través de la solución escogida (Mata & Budhooram, 2007)³.

De esta manera, la correcta implementación de las acciones de adaptación debe estar encajada dentro de un marco normativo que combine los beneficios obtenidos con las estrategias de mitigación, convirtiendo a ambas, dentro de lo posible, como bienes públicos globales. En este sentido, el planeamiento urbanístico está incorporando nuevas estrategias para promover la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero con el objeto de contrarrestar los efectos del cambio climático. Cada vez más, pautas de planificación dirigidas a la sostenibilidad se van incorporando en los modelos de desarrollo urbano. En este sentido, la planificación urbanística es la herramienta garante del bien público global. Sin embargo, como se ha indicado, las tareas de adaptación suponen aún una asignatura pendiente dentro del marco regulatorio. Existe una necesidad real de integrar mecanismos de gestión dentro de la planificación urbana y territorial que permitan abordar el fenómeno del cambio climático. Y, en concreto, la planificación urbana requiere del establecimiento de un modelo espacial que materialice los diferentes usos del suelo ajustándose a su vocación, sin descuidar los aspectos ambientales y de sostenibilidad.

El cambio climático interfiere de manera decisiva no sólo en elementos intangibles como la calidad del aire o la temperatura ambiente, sino que, de forma drástica, sus efectos son claramente palpables en el ámbito espacial, modificando la fisonomía urbana y territorial. Las variaciones espaciales derivadas del cambio climático no son identificadas ni contempladas en gran parte de los reglamentos normativos. Es necesario, por tanto, un enfoque del planeamiento basado en el conocimiento del fenómeno climático, donde la formación de los urbanistas y los técnicos relacionados con esta disciplina adquieran una instrucción específica que les permita actuar de forma consecuente con esta nueva problemática (Crane & Landis, 2010)⁴. Esto supone una tarea añadida tanto en los procesos de planificación como de gestión para los técnicos responsables. Sin duda, una actitud proactiva en la respuesta o planteamiento de soluciones ante el fenómeno del cambio climático requiere de una adecuada formación sobre este fenómeno. La tarea además se complica en tanto que el planeamiento urbanístico descansa, en gran parte, en un marco normativo que limita las acciones innovadoras y constriñe la capacidad de transformación dirigida

³ Este aspecto es recogido brillantemente por Mata & Budhooram sobre el estudio de la gestión hidráulica en la lucha contra el cambio climático. Garantizar el suministro de agua no puede generar nuevas fuentes de emisión de GEI, por tanto, el principio que debe prevalecer es el refuerzo mutuo de las acciones de mitigación y adaptación: *In order to satisfy a country's sustainable development needs, adaptation and mitigation actions cannot be addressed independently of each other. Some adaptation and mitigation activities may in fact reinforce each other, while others may be conflicting. In taking action to respond to climate change, policy makers may choose to accept the impacts or adapt to them, based on the cost-effectiveness of such action* (Mata & Budhooram, 2007, p. 802).

⁴ *"The good news is that many planning processes are already strategic, adaptive, results-oriented, involve diverse stakeholders, and incorporate multiple scenarios. The bad news is that planners may need more science background, and be more prepared to use appropriate tools to deal with uncertainty rather than assuming it away. If planners can connect climate change to local vulnerabilities and put forward contingent strategies to address those vulnerabilities, they will be prepared to lead climate change adaptation."* (Crane & Landis, 2010, p. 398).

hacia modelos de planificación más acordes con la variedad de situaciones que las ciudades experimentan.

Es palpable el importante rol que juega la planificación como herramienta para el bien público en la adaptación al cambio climático. Se ha reconocido en el análisis previo de la literatura que la incorporación de las estrategias de adaptación al cambio climático dentro de los marcos regulatorios está en una fase muy inicial (Araos et al., 2016). Sin embargo, esta cuestión cada vez está más presente en el debate académico y entre los profesionales de la disciplina urbana. Entre estos debates, estudios y experiencias previas, los siguientes aspectos son detectados como características clave en la definición de esta nueva forma de planificación, integradora de estrategias de adaptación al cambio climático:

- La convergencia con los criterios de sostenibilidad para afrontar el cambio climático.
- El papel de la participación pública de todos los actores y sectores implicados en la toma de decisiones y en la identificación de situaciones relacionadas con el clima y el territorio, así como en el seguimiento del proceso.
- La necesaria adaptación metodológica de la herramienta de planificación y su seguimiento a las características propias del cambio climático a través de la configuración de escenarios urbanísticos alternativos y con el seguimiento de indicadores.
- La incorporación de la variable climática en el proceso de planificación.

2.1 Adaptación metodológica de las herramientas de planificación y seguimiento

Esta participación siempre es deseable, teniendo en cuenta que las estrategias de adaptación llevadas a cabo son generalmente infraestructuras de titularidad pública. Un ejemplo ilustrativo de integración de estrategias sostenibles y adaptativas relacionada con la infraestructura verde, bajo un concepto de bien público global, ha sido la gestión coordinada de diferentes agentes participantes en el desarrollo del Anillo Verde de la ciudad de Vitoria, que ha hecho de la ciudad vasca un ejemplo reconocido a nivel mundial.

La participación proactiva de un numeroso grupo de expertos, técnicos, administrativos y de la sociedad vitoriana ha permitido generar un espacio de excepcional calidad en un área de transición entre el campo y la ciudad, lo que contribuye a la mitigación de gases de efecto invernadero y a una mayor adaptación a las condiciones climáticas con la recuperación de los humedales periurbanos. Para la consecución de este éxito de participación ha sido necesaria una trayectoria social previa de implicación en las decisiones públicas, así como la creación de una estructura de participación fundamentada en una reglamentación ("Reglamento de participación ciudadana en el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz", aprobado en 1999). Este caso muestra que, con una estructura normativa adecuada, que garantice la

agilidad y la calidad de la participación pública, los procesos participativos pueden ser exitosos.

La adaptación es parte del bien global y, el espacio público, como lugar de confluencia del problema climático, es el mejor escenario para el establecimiento del marco de actuaciones garantes una adecuada gestión de la variabilidad climática. Y por ser el espacio libre el lugar de confluencia de las iniciativas públicas y privadas es también espacio de conflictos y de oportunidades.

Un caso que ilustra esta conflictividad es la creciente oposición detectada en los residentes de *Miami Beach* ante el Plan de Elevación de calles de la ciudad, desarrollado para evitar las inundaciones. Con este fin, la ciudad ha aprobado la estrategia adaptativa *Miami Beach Rising Above*, que incluye:

- la mejora de los sistemas de drenaje urbanos
- la elevación de algunos tramos de calle entre 60 y 90 cms
- la renovación de la red de abastecimiento y saneamiento
- la actualización de normativa para reflejar los requisitos de elevación tanto públicos como privados.

El contexto en el que se plantean estas medidas no es sencillo. La geología de la ciudad es un obstáculo particularmente complejo en su batalla contra el aumento del nivel del mar y la erosión costera. Compuesta de roca caliza con substrato coralino fosilizado, las aguas pluviales y los eventos de marea alta degradan la integridad estructural de las calles de la ciudad que con frecuencia experimenta inundaciones extremas. Numerosos distritos históricos de *Miami Beach* presentan problemas hídricos, por encontrarse en zonas de baja elevación, siendo zonas costosas de adaptar.

Miami Beach cuenta además con nuevos obstáculos⁵, y es que a la complejidad climática se suma la oposición de algunos vecinos a la estrategia adaptativa empleada por el municipio. La elevación de las calles ha hecho que numerosos inmuebles queden por debajo del nivel de rasante, quedando a merced del correcto funcionamiento de los sistemas de bombeo. También se ha observado que el cambio físico realizado en los viales en ocasiones no ha sido acompañado de la adecuada regulación normativa, afectando a algunos de los derechos adquiridos en el uso del suelo⁶.

⁵ Nuevos frentes en el conflicto del cambio climático, la oposición vecinal. Véase el enlace al artículo titulado *Miami Beach wants higher roads and pumps to fight sea rise. Some residents say no way* en el Miami Herald (16/Mayo/2018):<https://www.miamiherald.com/news/local/community/miami-dade/miami-beach/article211237324.html>

⁶ Por ejemplo, algunos propietarios afectados por inundaciones repentinas, como el del restaurante Sardinia en Sunset Harbour Drive (Figura 1), han perdido la opción de acceder a las indemnizaciones de los seguros al considerarse sus locales como sótanos por superar la altura bajo rasante, dirimiéndose sus derechos en largos procesos judiciales. Este tipo de ejemplos muestra la complejidad del proceso y las repercusiones derivadas de un inapropiado marco legislativo sobre el uso del suelo.



Figura 1. Obras de elevación de calle en *Sunset Harbour Dr., Miami Beach*. El aumento de la cota superficial de las calles ha modificado sustancialmente la fisonomía de la ciudad, dejando numerosos inmuebles a niveles inferiores a la rasante de la acera principal.

Fuente: Stavros Mitchelides (2016).



Figura 2. Tramo elevado en *West Av.,* en la ciudad de *Miami Beach*

Fuente: Susan Askew (2018).

En cualquier caso, el municipio desarrolla como alternativa de gestión frente al cambio climático una ordenanza (*2016-4027 Ordinance*)⁷, que modifica algunos preceptos del Plan General (*Master Plan*). El objeto de la misma radica en fomentar el uso de técnicas de gestión del suelo basado en los valores del paisaje y de los ecosistemas para el control de inundaciones, promoviendo la máxima permeabilidad del suelo y el empleo de vegetación autóctona en los nuevos desarrollos y en las actuaciones en la ciudad existente. La ordenanza también plantea la adaptación de las determinaciones del planeamiento para la incorporación de áreas específicas de adaptación. Para ello, la ordenanza introduce escenarios y parámetros climáticos de última generación aportados por la comunidad científica.

De esta forma, a pesar de la resistencia de algunos colectivos ciudadanos, los cambios normativos se dirigen a aumentar claramente la capacidad de adaptación urbana frente a las amenazas, aunque en este recorrido existan también afectados por el proceso. Sin duda, la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones garantiza una adecuada concienciación sobre el problema. En las ciudades donde se han producido hechos dramáticos existe menos resistencia a los cambios y la participación proactiva de los ciudadanos es habitual. Este es el caso de la región metropolitana de Nueva York, con el proyecto de regeneración urbana resiliente de la costa "*Rebuild by Design*"⁸ de 2015, en el que participaron además diez equipos de diseñadores y más de 500 organizaciones sociales.

⁷ City of Miami Beach (2016): *Comprehensive Plan - Peril of Flood. 2016-4027 Ordinance*. Esta ordenanza desarrolla la Ley del Senado del Estado de Florida 2015-1094 (Peril of Flood, 2015). <http://docmgmt.miamibeachfl.gov/WebLink/DocView.aspx?dbid=0&id=146152&page=1&cr=1>

⁸ Los equipos participantes, liderados por grandes consorcios de arquitectura y urbanismo fueron los siguientes: BIG Team; HR&A Advisors with Cooper, Robertson & Partners; Interboro Team; MIT CAU + ZUS + URBANISTEN; OMA; PennDesign/OLIN; Sasaki/Rutgers/Arup; SCAPE/LANDSCAPE ARCHITECTURE; WB unabridged w/Yale ARCADIS; WXY/WEST 8.



Figura 3. The Big U, Manhattan, Nueva York.
Fuente: The BIG Team, Rebuild by Design, 2015, p. 67



Figura 5. New Meadowland, Nueva Jersey
Fuente: Adaptado de MIT+CAU + Urbanisten, Rebuild by Design, 2015, p. 120



Figura 4. Red litoral de "Blue Dunes", Bahía de Nueva York y Nueva Jersey.

Fuente: Propuesta de dunas de protección frente a inundaciones, adaptado de West 8 / WXY, Rebuild by Design, 2015, p. 220

"Rebuild by Design" muestra una experiencia única de diseño colaborativo, aprendizaje y participación comunitaria. Debido a la naturaleza interdisciplinaria del proceso, los diez proyectos realizados varían en escala, tipología, ubicación y enfoque y aglutinan herramientas de proyecto arquitectónico, tratamiento del paisaje, planificación urbana, ciencias ambientales e ingeniería. Las colaboraciones de los equipos con las comunidades locales permitieron desarrollar proyectos con visiones claramente resilientes que requerirán cambios sustanciales en la forma de ejercer la planificación urbana.

La participación en este ensayo de equipos multidisciplinares, comunidad científica y residentes mostró una nueva forma de planificar basada en una visión holística del cambio climático frente al reto del diseño de propuestas resilientes. Si bien para la ejecución de estos proyectos se requiere de un avance en sus definiciones formales y de una evaluación del coste-beneficio de cada estrategia adaptativa, lo más significativo de este proceso es la intensa participación ciudadana y la generación de una conciencia colectiva sobre el problema del cambio climático y la necesidad de encontrar soluciones de adaptación. El proceso muestra el poder de la planificación urbanística para liderar cambios hacia unas sociedades más sostenibles y adaptadas a la variabilidad climática. Se trata, en definitiva, de superar el viejo rol del planificador tratando de resolver los problemas a posteriori, tal y como indicaba

Benévolo (1981), para convertirse previsor de las nuevas coyunturas, dinámicas o variabilidades que recaen sobre el desarrollo urbano.



Figura 6. Esquema del Proceso Iterativo

Fuente: Elaboración propia desarrollado en García & Ribalagüa (2018).

Por otra parte, la adaptación es un proceso iterativo (Figura 6), y como tal requiere de una adaptación en el proceso de planificación y seguimiento. Esto implica también un monitoreo cercano y una revisión sistemática para asegurar su efectividad. En un proceso en el que los fenómenos de cambio son impredecibles y requiere de la generación de escenarios con los que podamos manejar la incertidumbre.

Solomon et al. (2009) advierten que, aunque se hayan realizado las medidas de mitigación y adaptación que se crean necesarias, es probable que los cambios del clima sean tan variados que los daños en las infraestructuras o en la trama urbana se mantendrán de forma persistente. La planificación, tanto territorial como urbana, debe enfocarse a más largo plazo para reducir la probabilidad de las afecciones derivadas del cambio climático.

A pesar del conocimiento existente de los fenómenos climáticos adversos, así como de la mejora de las ordenanzas municipales para enfrentarse a los riesgos procedentes del clima, la experiencia muestra que, en los procesos urbanísticos, en los cuales intervienen una gran cantidad de agentes y grupos de interés, las modificaciones reglamentarias para atender a la iteratividad del fenómeno no están siendo integradas en la práctica.

Este aspecto queda recogido en el procedimiento de recalificaciones del suelo de la Península Bolívar, en el estado norteamericano de Texas. En 2005 el Huracán Rita afectó considerablemente a los sectores residenciales del condado de Galveston, en el que se ubicaba el núcleo de Gilchrist. Los daños sufridos en las viviendas debidos a la acción del viento y la elevación de la marea provocaron una modificación de la normativa urbanística en lo relativo a los usos en planta baja y el nivel de cota de la primera planta residencial. Sin embargo, esta implementación apenas se produjo en el parque residencial construido, debido a que suponía un coste elevado para sus propietarios, quienes libremente optaron por no modificar sus viviendas.

La acción devastadora en 2008 de un nuevo temporal, el Huracán Ike, puso de manifiesto la necesidad de que este tipo de medidas fueran vinculantes. En esta ocasión, del conjunto de viviendas situadas en la franja litoral de la península, solo una resistió la embestida del temporal: la única de todas ellas que había aplicado las medidas urbanísticas diseñadas a partir del antecedente del 2005.

La resistencia de esta vivienda representa de forma gráfica e indiscutible el resultado de la aplicación de los cambios normativos en relación con la acción del cambio climático. Donde permanece indómita la vivienda de la Figura 7, previamente existió otra, cuyo dueño optó por demoler y sustituir una nueva construcción que cumpliera las nuevas ordenanzas "climáticas".

Esta modificación reglamentaria supuso una nueva oportunidad para reedificar con mayores garantías frente a la subida repentina del nivel del mar: la planta baja de la vivienda se diseñó sin cierres rígidos y con una estructura lo más diáfana posible, reduciendo así la oposición a la presión del agua y del viento. Por otro lado, la crujía más expuesta, situado al sur, se diseñó como terraza-mirador, sin elementos cubiertos. Así, en caso de que el pórtico más expuesto colapsara, como así sucedió, no arrastraría la cubierta del edificio. Sin duda, la aplicación de unas ordenanzas apoyadas en un adecuado conocimiento científico del problema de elevación del mar por acción del cambio climático ha permitido reducir la vulnerabilidad y garantizar un buen comportamiento frente a este tipo de amenazas.

Ante la gravedad de los daños producidos, parecería razonable descartar la posibilidad de reedificar en este sector costero. Sin embargo, los responsables de la planificación urbana del condado han optado por no limitar la construcción de nuevas viviendas, aunque sí introducir nuevas ordenanzas vinculantes con unos requisitos constructivos coherentes con su grado de exposición. Priman dos tendencias para afrontar la incertidumbre en el planeamiento:

En primer lugar, existe una tendencia que sugiere la necesidad de gestionar la planificación urbana de forma flexible, a través de rangos de actuación, dada la gran variabilidad de los eventos extremos. Además, algunos autores proponen la necesidad de planificar en función de posibles escenarios, aceptando los derivados del cambio climático. Hasta ahora, la planificación clásica del uso del suelo ha respondido a las necesidades de planificación resultantes del conocimiento del territorio, su potencial y su dinámica. Por lo tanto, las ciudades se han adaptado continuamente a diferentes eventos, planificándose según su experiencia.



Figura 7. Huracán Ike en Gilchrist, Texas
Fuente: St. Petersburg Times (15/Sep/2008)



Figura 8. Ubicación de la vivienda antes y después del Huracán Ike. Obsérvese el nivel de destrucción acaecido en la franja costera de la Península Bolívar en el Condado de Galveston, Texas.

Fuente: Dr. Jeff Masters.

Figura 9. La vivienda una vez rehabilitada. Reconstruida tras el huracán Rita en 2005 sus propietarios elevaron la vivienda a una cota superior a la anterior siguiendo lo establecido en las nuevas ordenanzas de edificación.
Fuente: Google Street View.



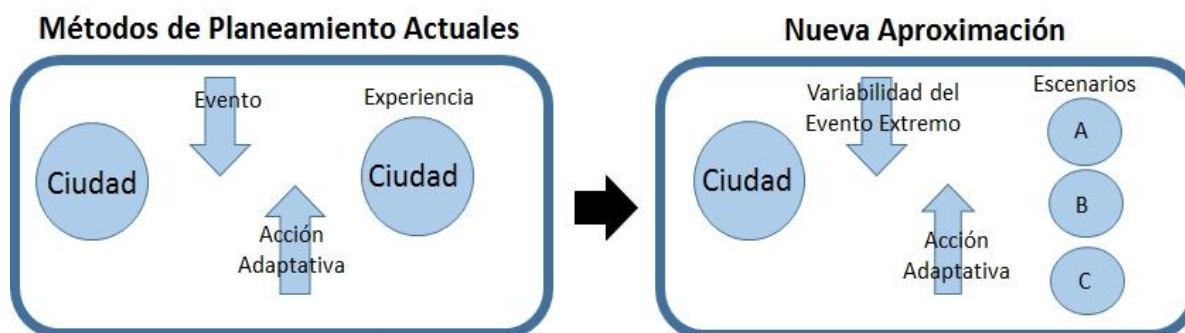


Figura 10. Métodos de gestión de la incertidumbre climática
Fuente: Elaboración propia desarrollado en García & Ribalaygua (2018).

Por otro lado, la mayor parte de los estudios y proyectos urbanísticos relacionados con cambio climático afrontan esta cualidad con la configuración de escenarios alternativos (Figura 10). La generación de escenarios de crecimiento urbano es una metodología útil para identificar y valorar las alternativas de proyecto adecuadas para afrontar los riesgos derivados del cambio climático. Una aplicación de ello es la metodología llevada a cabo en los estudios del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) dentro de su Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles, que establece la comparativa de escenarios futuros para diferentes hipótesis durante un largo período (2030 y 2050) con el fin de identificar los riesgos futuros.

El objetivo de la iniciativa es el control de riesgos y la consecución de un modelo de crecimiento sostenible, "que haga que las ciudades sean más amigables con el clima" (IADB, 2016). Para afrontar este desafío, a partir del conocimiento de los patrones de crecimiento previo y los escenarios de clima y amenazas, se establecen tres hipótesis de escenarios urbanísticos futuros: uno basado en las tendencias actuales, considerando un crecimiento descontrolado y amenazado por el cambio climático; un segundo escenario basado en una hipótesis utópica de control absoluto de riesgos y crecimiento sostenible; y una tercera solución intermedia entre ambas, que establece el modelo ideal para abordar el cambio climático, compatible con la sostenibilidad económica, ambiental y social.

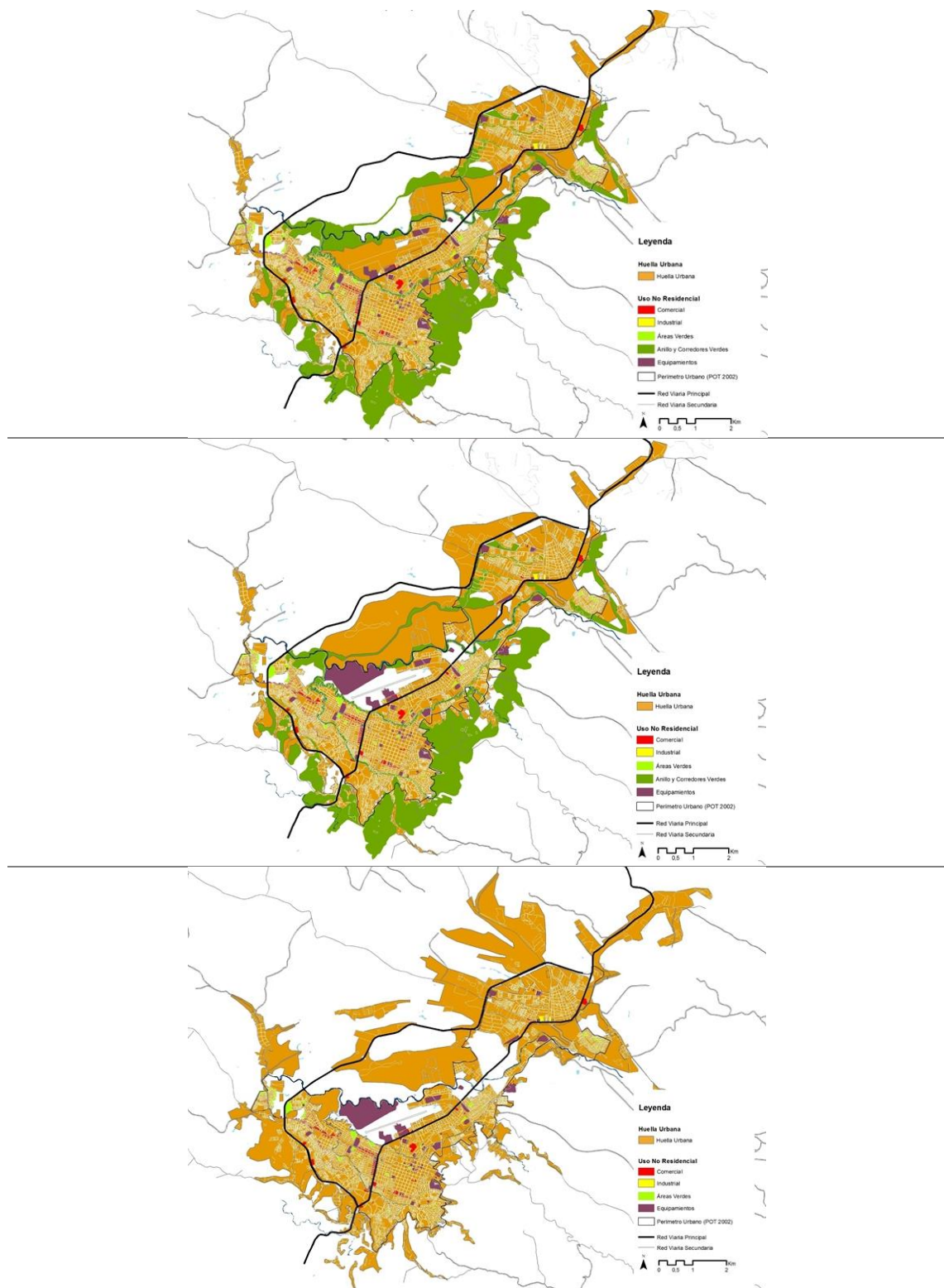


Figura 11. Escenarios Urbanos Óptimo, Intermedio y Tendencial para Popayán (Colombia)
Fuente: Elaboración propia dentro del Área de Urbanismo FIC (IADB-Findeter, 2017)

La naturaleza iterativa e impredecible del cambio climático lleva a la necesidad de la creación de una doble metodología para la planificación de las ciudades: la propuesta de alternativas urbanísticas a través de escenarios arriba descrita y el necesario seguimiento de la situación con indicadores.

Por otro lado, la generación de escenarios climáticos en ámbitos locales permite la coordinación de lo climático con la dimensión espacial y urbana para una definición de estrategias de crecimiento futuro ajustadas a la variabilidad del clima. Esta coordinación presenta un nuevo formato de decisiones en el planeamiento urbano que requiere del aporte de nuevos técnicos relacionados con el estudio del clima.

Los planteamientos desarrollados en la generación de escenarios de crecimiento apoyados en la información climática para Delta y North Vancouver (Shaw et al., 2009; Barron et al., 2012) o la metodología citada del programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles del Banco Interamericano de Desarrollo, en la que también se incorporan escenarios climáticos para la creación de hipótesis de desarrollo urbano/vulnerabilidad futura de un gran número de ciudades Latinoamericanas y del Caribe, son ejemplos avanzados de esta coordinación.

Relacionando el planeamiento territorial y urbano dentro de este mismo contexto se consolidan redes de ciudades, sumando sinergias y estrategias para mejorar su respuesta al cambio climático. Así, la Iniciativa de Ciudades Resilientes al Clima desarrolla investigación y acciones, buscando y promoviendo “soluciones innovadoras para un desarrollo sostenible compatible con el clima en ciudades pequeñas y medianas que están experimentando un rápido crecimiento, con el fin último de mejorar la calidad de vida de las personas más afectadas por el cambio climático” (Iniciativa de Ciudades Resilientes al Clima, 2018).

La variable climática, por tanto, está presente cada vez más en la política territorial y en una planificación urbana consecuente con el cambio climático. Paulatinamente, los cambios normativos en las diferentes escalas de planificación van sucediéndose, y la integración de estrategias adaptativas requieren de un adecuado fundamento basado en la ciencia climática.

2.2 La Infraestructura Verde como estrategia de adaptación

El concepto de espacios verdes urbanos, definido por Lovell & Taylor (2013, p. 1448)⁹ reduce el concepto a todo espacio vegetado en el ámbito urbano. El mismo término, Espacios Verdes Urbanos, queda definido en la Guía para la Certificación del Urbanismo Ecológico, elaborada por el Ministerio de Fomento, como aquellos abiertos con superficies permeables al menos 50% de superficie y que incluyen parques públicos, jardines y espacios libres exclusivamente utilizados por los peatones (Gobierno de España, 2012). Pero el término *Infraestructura Verde* amplía este concepto a otros ámbitos tales como áreas de alto valor en términos de biodiversidad y otros elementos que facilitan la conectividad natural.

⁹ Lovell & Taylor (2013, p. 1448) define los Espacios Verdes Urbanos como “an undeveloped piece of land located within the context of a city and open to the public”.

Se define infraestructura verde urbana, según la Unión Europea (2014) como “una red estratégicamente planificada de zonas naturales y seminaturales de alta calidad con otros elementos medioambientales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad tanto de los asentamientos rurales como urbanos”

La Unión Europea concreta los beneficios de la estructura verde a la calidad de vida de la persona, enfatizando la capacidad que tiene para también otros aspectos, como el fomento de una mejor calidad de vida y un uso más eficiente del suelo, la mejora de la biodiversidad y la protección contra el cambio climático: “se protege contra el cambio climático y otras catástrofes medioambientales, por ejemplo, reduciendo las inundaciones, almacenando carbono o evitando la erosión del suelo” (Unión Europea, 2014, p. 7).

En este sentido, la infraestructura a verde se entiende desde la Unión Europea como una estrategia capaz de reforzar las políticas relacionadas con diferentes sectores relacionados y específicamente con las de cambio climático:

“La infraestructura verde también refuerza diferentes políticas y acciones de la UE y nacionales en ámbitos como la agricultura y el desarrollo rural, la silvicultura, la biodiversidad, el agua, el cambio climático, el crecimiento ecológico, el transporte y la energía, el desarrollo urbano sostenible, la salud y la ordenación territorial” (Unión Europea, 2014, p. 7)¹⁰.

En consonancia con esta definición y su potencial ayuda para la consecución de los objetivos referidos, la Unión Europea considera Infraestructura Verde (Unión Europea, 2014, p. 8):

- “Zonas neurálgicas de alto valor en términos de biodiversidad que actúan como centros de infraestructura verde, tales como zonas protegidas (por ejemplo, los espacios Natura 2000).
- Zonas neurálgicas fuera de las zonas protegidas que contienen grandes ecosistemas sanos.
- Hábitats restaurados que ayudan a reconectar o mejorar las zonas naturales existentes, como un cañaveral restaurado o una pradera de flores silvestres.
- Elementos naturales que sirven como puntos de enlace o corredores para la fauna silvestre, como los pequeños cursos fluviales, estanques, setos o franjas de bosque.
- Elementos artificiales que mejoran los servicios ecosistémicos o ayudan al movimiento de la fauna silvestre, como los ecoductos o los ecopuentes, las escalas de peces o los tejados verdes.

¹⁰ Véase: <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>

- Zonas de amortiguamiento gestionadas de forma sostenible que ayudan a mejorar la calidad ecológica general y la permeabilidad del paisaje a la biodiversidad, por ejemplo, la agricultura respetuosa con la vida silvestre.
- Zonas multifuncionales donde coexisten diferentes usos del suelo compatibles que, en un esfuerzo conjunto, pueden crear combinaciones de gestión del suelo que favorecen la multiplicidad de usos del suelo en la misma zona espacial, por ejemplo, la producción de alimentos y el ocio”.

La infraestructura verde urbana integra los espacios libres que cuentan con superficies permeables que cubren al menos un 50% de los mismos e incluyen parques públicos, jardines o espacios libres utilizados exclusivamente por peatones (Gobierno de España, 2012). Esta investigación toma como referencia las definiciones anteriores, así como la del Plan Director de Infraestructura Verde de Zaragoza, en el que se recoge la siguiente definición:

“La infraestructura verde es la red interconectada de espacios urbanos y naturales con conexiones ecológicas y funcionales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad, tanto del medio natural, como de los asentamientos rurales y urbanos” (Ayuntamiento de Zaragoza, 2017)¹¹.

Esta definición, que pone énfasis en la funcionalidad de los elementos, y no tanto en su naturaleza, es la tomada como referencia para el conjunto de medidas analizadas y para el marco metodológico propuesto. La importancia de la infraestructura verde como recurso clave en la planificación de la adaptación frente al cambio climático queda recogido en el artículo 67 de la Nueva Agenda Urbana:

Nos comprometemos a promover la creación y el mantenimiento de redes bien conectadas y distribuidas de espacios públicos de calidad, abiertos, seguros, inclusivos, accesibles, verdes y destinados a fines múltiples, a incrementar la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático y los desastres, como las inundaciones, los riesgos de sequía y las olas de calor, (...) (Naciones Unidas, 2016).

Esta cuestión no es un tema menor, a pesar de que el espacio público y la infraestructura verde con relación al cambio climático ocupa escasamente un único artículo en el documento. El espacio público, sin embargo, es uno de los recursos principales para la implementación de estrategias de adaptación. Así se pone de manifiesto con la aprobación en 2016 del Pacto de Ámsterdam que define las líneas de la Agenda Urbana Europea en consonancia con la de las Naciones Unidas.

El Pacto de Ámsterdam establece una serie de aspectos prioritarios (*Priority Themes*) a la hora de definir la Agenda Urbana Europea (*European Commission, 2016, pp. 7, WPiii-WPiv*). Dos son fundamentalmente los temas de máxima repercusión con relación a los efectos del cambio climático dentro de Agenda Urbana Europea. La

¹¹ Véase: Ayuntamiento de Zaragoza (2017): Plan Director de Infraestructura Verde de Zaragoza, <https://www.zaragoza.es/sede/portal/medioambiente/planinfraverde/#doc>

“adaptación al clima” (*Priority Theme 7*) cuyos objetivos se centran en anticipar los efectos adversos del cambio climático y tomar las medidas adecuadas para prevenir o minimizar el daño que puede causar a las áreas urbanas¹². La adaptación al clima incluye como estrategia de actuación las posibles soluciones que integren la infraestructura verde con el fin de minimizar los riesgos derivados del cambio climático. Siguiendo esta línea, el *Priority Theme 9* plantea un nuevo requisito en la planificación del suelo con la introducción de usos compatibles y soluciones basadas en la naturaleza (*Sustainable use of land and Nature-Based solutions*). El objetivo es asegurar que los cambios en las Áreas Urbanas (crecimiento, reducción y regeneración) sean respetuosos con el medio ambiente, mejorando la calidad de vida. La atención se centra por tanto en la expansión urbana, el desarrollo de zonas industriales abandonadas y en la reforestación / reverdecimiento de las zonas urbanas. El potencial de la infraestructura verde como herramienta para la lucha contra el cambio climático queda recogido en las diferentes líneas estratégicas de la Unión Europea de las últimas décadas (Fernández de Gatta, 2018).

Como continuación de esta apuesta clara de uso de la infraestructura verde se realizan también estrategias nacionales, como la española. En este sentido, se está redactando la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas que el Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente (MAGRAMA)¹³ y está previsto que sea aprobada. El objetivo del documento de escala nacional es la definición de criterios para identificar elementos del territorio que componen la infraestructura verde a nivel nacional y proponer medidas de

¹² Doce aspectos o temas prioritarios han sido recogidos por la Agenda Urbana Europea definida en el Pacto de Ámsterdam y aprobada en la reunión informal de ministros de la UE responsables de asuntos urbanos el 30 de mayo de 2016. Los objetivos de cada uno de estos temas quedan recogidos en la siguiente tabla resumen (cuadro adaptado cuya fuente es *European Commission, 2016*, pp. 7, WPiii-WPiv):

<i>PRIORITY THEMES</i>	<i>OBJECTIVES</i>
<i>1. Inclusion of migrants and refugees.</i>	<i>The objectives are to manage integration of incoming migrants and refugees (extra-EU) and to provide a framework for their inclusion based on willingness and integration capacity of local communities.</i>
<i>2. Air quality.</i>	<i>To realise systems and policies to ensure a good air quality for human health.</i>
<i>3. Urban poverty.</i>	<i>The objectives are to reduce poverty and improve the inclusion of people in poverty or at risk of poverty in deprived neighbourhoods.</i>
<i>4. Housing.</i>	<i>The objectives are to have affordable housing of good quality.</i>
<i>5. Circular economy.</i>	<i>The objective is to increase the re-use, repair, refurbishment and recycling of existing materials and products to promote new growth and job opportunities.</i>
<i>6. Jobs and skills.</i>	<i>The objectives are prosperity and low unemployment.</i>
<i>7. Climate adaptation (including G.I.)</i>	<i>The objectives are to anticipate the adverse effects of climate change and take appropriate action to prevent or minimise the damage it can cause to Urban Areas.</i>
<i>8. Energy transition.</i>	<i>The objectives are to have a long-term structural change in energy systems i.e. shift to renewable energy and energy efficiency.</i>
<i>9. Sustainable use of land (Nature-Based).</i>	<i>The objective is to ensure that the changes in Urban Areas (growing, shrinking and regeneration) are respectful of the environment, improving quality of life.</i>
<i>10. Urban mobility.</i>	<i>The objectives are to have a sustainable and efficient urban mobility.</i>
<i>11. Digital transition.</i>	<i>To provide better public services to citizens and create business opportunities.</i>
<i>12. Public procurement.</i>	<i>To use this powerful tool to address social and environmental objectives and to do more with less. Innovative and responsible public procurement.</i>

¹³ En: https://www.mapama.gob.es/ca/prensa/180309semaestrategiaestataldeinfraestructuraverde_tcm34-443162.pdf

conservación y planificación para facilitar la interconexión y mejora de los ecosistemas, así como fomentar su uso como herramienta para la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

Una vez aprobada la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde, serán las Comunidades Autónomas las que, en el plazo de tres años, deberán incluir las medidas oportunas. Siguiendo con la correlación de escalas, los documentos locales también incorporan la infraestructura verde en su estrategia, sacando partido de su potencial para la lucha contra el cambio climático. Uno de los ejemplos más recientes es el de Zaragoza, que en su "Plan Director de Infraestructura Verde" señala:

"La infraestructura verde debe además contribuir a paliar los efectos previsibles del cambio climático, mediante la adopción de una serie de medidas:

- Aumentar la vegetación en las zonas urbanas para disminuir el efecto de isla de calor, evitando los espacios estanciales desprovistos de vegetación (plazas duras).
- Crear superficies de sombra frente al sol, mediante el dosel del arbolado o pérgolas con plantas trepadoras.
- Dotar a las zonas verdes de fuentes y puntos de agua." (Ayuntamiento de Zaragoza, 2017).

La infraestructura verde ha sido manejada generalmente por las autoridades locales desde un punto de vista integrado, incorporando aspectos socioeconómicos y ambientales. La planificación de la infraestructura verde en áreas urbanas enfrenta un nuevo aspecto aún inexplorado, es decir, incorporar los efectos que pueden producirse debido al cambio climático, en el cual las estrategias de adaptación urbana se convierten en medios inherentes de planificación (Matthews et al., 2015). Asociado a las dificultades para monitorear y gestionar los parques urbanos, zonas verdes y espacios libres, se añade la gran complejidad en el proceso de integración de medidas de adaptación para enfrentar los efectos del cambio climático (Foster et al., 2011; Demuzere et al., 2014; Jones & Somper, 2013). Las estrategias para el uso de la infraestructura verde urbana en el contexto del cambio climático han tenido dos objetivos básicos: por un lado, las estrategias buscan mejorar el entorno urbano para aumentar el grado de adaptación a la variabilidad climática esperada (Carter et al., 2015); por otro, las estrategias de utilización de los espacios libres como recurso para la gestión climática intentan reducir las pérdidas en el valor de las propiedades y las infraestructuras de la ciudad ya que los espacios libres tienen costos de reparación más bajos en comparación con otras infraestructuras y activos (Foster et al., 2011).

Para la integración de la infraestructura verde como recurso adaptativo, es necesario partir de un trabajo de cartografiado de sus componentes: tanto los ecosistemas territoriales y periurbanos como las zonas verdes urbanas. Este es el caso de Lisboa, donde, desde una perspectiva de protección ambiental y de aumento de la calidad de vida, se desarrolla en 2013, la "Estrutura Ecológica Municipal (EEM)" a partir de numerosos estudios vinculados al Plano Director Municipal de Lisboa (2012).

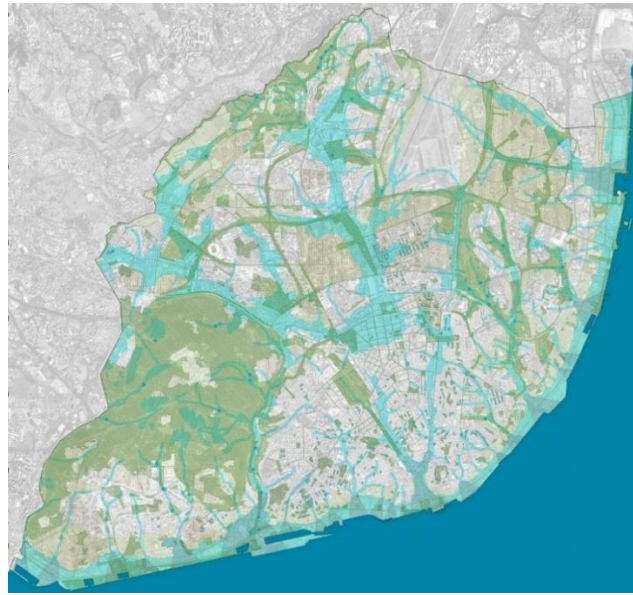


Figura 12. Plano de la Estructura Ecológica del municipio de Lisboa
Fuente: Plano Director Municipal, Câmara Municipal de Lisboa 2013.

Se concibe éste como un instrumento clave para la contención de un crecimiento urbano basado en el consumo de suelo, con la consiguiente degradación e impacto sobre los sistemas ecológicos y la pérdida de hábitats y biodiversidad, así como la afección al sistema hidrológico, aspecto clave en la estructura territorial de la capital portuguesa. La EEM supone una herramienta de gestión del espacio urbano y su entorno territorial con una visión estratégica ligada a la mejora de la conectividad intra y extra municipal. Los beneficios resultantes con relación a los efectos del cambio climático son evidentes.

En 2017 se aprueba la *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas* de Lisboa (ESMAAC) con un enfoque integrador de la problemática del cambio climático y la planificación del territorio municipal. En este sentido, la identificación de los ecosistemas periurbanos permite establecer estrategias de conexión entre la infraestructura verde urbana y los posibles recursos exteriores, con el objeto de garantizar el mantenimiento de su composición inicial.

Además de la identificación de la estructura ecológica, los servicios ecosistémicos juegan un papel crucial en las estrategias de adaptación. Sin embargo, la adaptación basada en ecosistemas (*Ecosystem-based Adaptation*) se relaciona directamente con los usos del suelo.

Las estrategias de adaptación basadas en ecosistemas son reconocidas como las más eficientes en términos coste-beneficio. Un ejemplo reciente en la asignación de uso específico basado en ecosistemas ha sido el realizado entre los municipios de Enschede y Hengelo, en lo que ahora se ha convertido en el parque Kristalbad (Países Bajos). La operación ha consistido en realizar pequeñas actuaciones de gestión hidráulica para contener las aguas del canal de Twente con el objetivo de dar servicio a la agricultura en época estival que, incrementa los periodos de sequía con el cambio

climático. *Kristalbad Watermachine*¹⁴ es un área natural, dividida en varios compartimentos interconectados que periódicamente se inundan con agua proveniente del canal, la lluvia y la planta de tratamiento de aguas residuales. El éxito de la operación se basa en la estrategia utilizada, consistente en aprovechar los recursos naturales para generar un área de inundación para el control de riesgos y la implementación de la conectividad ecológica.



Figura 13. Vista aérea de Kristalbad
Fuente: Vechtstromen



Figura 14. Perspectiva del parque con el mirador
Fuente: G. Smelt.

El proyecto está respaldado por la planificación espacial y las leyes ambientales (*Wet op de Ruimtelijke Ordening, Wet Milieubeheer*), con la posibilidad de incorporar actuaciones similares, dentro de un marco normativo que los promueve, identificando las áreas más idóneas para instaurar este tipo de usos de infraestructuras verdes con una visión claramente dirigida a minimizar los efectos del cambio climático.

Otro aspecto relevante vinculado a la configuración de la infraestructura verde como estrategia adaptativa es el control de la estructura hídrica municipal. En la ciudad de Singapur, *Bishan Park*¹⁵ muestra una forma eficiente de gestionar el suelo urbano, introduciendo una planificación protectora de los recursos hídricos. El incremento, control y mantenimiento de la calidad de los acuíferos sería el fin último de esta figura de ordenación urbana.

En esta misma dirección, los humedales de Salburúa, además de ser un elemento clave de la estructura ecológica de Vitoria (con la introducción de ciervos para el adecuado mantenimiento de los pastizales perilagunares), contribuyen a evitar las inundaciones del casco urbano y sirven como elemento testador de la hidrología subterránea, de su calidad y cantidad de acuíferos. En definitiva, se trata de establecer una categorización específica de escala urbana para garantizar el control de riesgos asociados a la pluviometría y al adecuado equilibrio entre los recursos hídricos existentes y la demanda previsible.

¹⁴ Se puede consultar este proyecto en el siguiente enlace del servicio hidráulico Vechtstromen que agrupa a varios municipios: <https://www.vechtstromen.nl/buurt/gemeenten/enschede/kristalbad/>

¹⁵ El nombre oficial de este parque del área central de Singapur es Bishan-Ang Mo Kio Park.



Figura 15. Bishan Park, Singapur
Fuente: World Architecture News



Figura 16. Parque de Salburúa, Vitoria
Fuente: Google Imágenes

La consideración de las cualidades ambientales de la infraestructura verde como estrategia frente a las modificaciones del clima futuro tiene, sin duda, un ejemplo paradigmático en el anillo verde de la ciudad de Vitoria. Gestionado desde 1993 y estructurado inicialmente a partir del Plan General en cinco áreas, se ha sumado la zona de Errekaleor, con una superficie actual de 727 has y prevista de 993 has¹⁶ (29 m²/habitante). En el Plan se planteó una estructura reconocible de servicios dotacionales de espacios libres, un conjunto de parques periurbanos de alto valor ecológico y paisajístico enlazados estratégicamente mediante corredores con el centro de la ciudad.

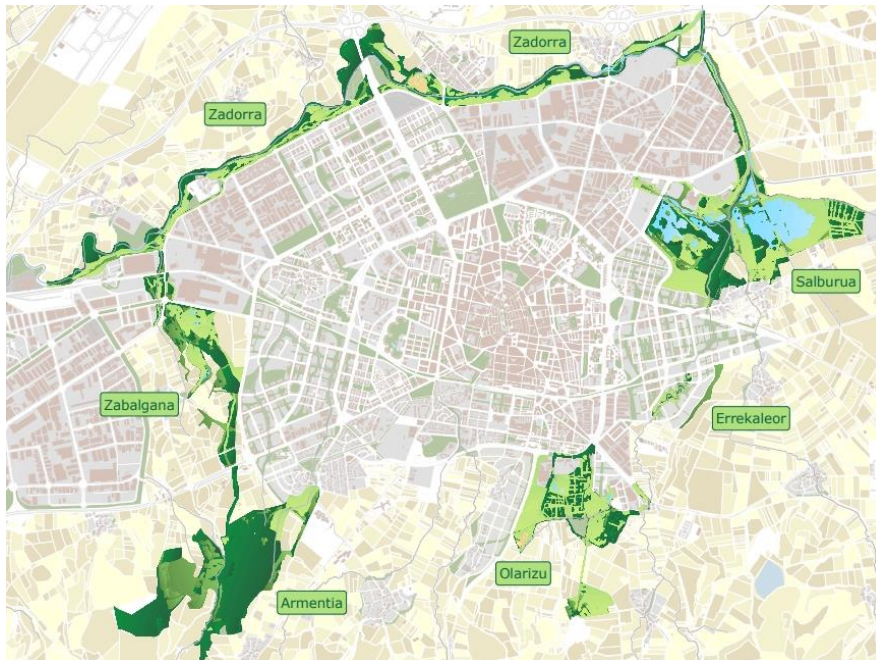


Figura 17. Anillo Verde de la ciudad de Vitoria, País Vasco.
Fuente: Ayuntamiento de Vitoria, 2014.

¹⁶ Ayuntamiento de Vitoria, <http://www.vitoria-gasteiz.org>.

La superficie ocupada por esta infraestructura verde y azul se extiende más allá de los límites identificados en el Plan General como sistema general de espacios libres, ocupando varias hectáreas de suelo clasificado como no urbanizable. Por ejemplo, la expansión del anillo verde hacia los humedales de Salburúa, al este de la ciudad, no tienen una categorización de sistema general al situarse en suelos no urbanizables¹⁷, si bien cuenta con otras figuras de protección. Este déficit de figuras específicas relacionadas con el cambio climático en el planeamiento tradicional obliga a generar planes sectoriales que sustituyan sus regulaciones por la normativa municipal. Sin embargo, lo deseable sería que el planeamiento local contara con estas categorías relacionadas con su aptitud ante el cambio climático en la clasificación del suelo.

En la escala de barrio también es replicable lo planteado para la infraestructura verde a nivel de ciudad en el Sistema General de Espacios Libres. En este caso, los Sistemas Locales, de escala menor, pueden mejorar la calidad de vida del barrio y dar respuesta a los riesgos derivados del cambio climático. En este sentido, para el efecto de isla de calor urbano en ciudades densamente edificadas, los pequeños espacios ajardinados suelen estar asociados con una fuerte componente de voluntariado social en su mantenimiento. Un ejemplo de ello son los *Community Gardens* de Nueva York, o los *Pocket Parks* de Hong Kong, que se han integrado en la planificación urbana como recursos indispensables para la adaptación frente a las olas de calor.

La identificación de espacios verdes privados, que también son elementos integrantes de este sistema local y que no deben ser despreciados en su cuantificación y localización, forma también parte de estrategia adaptativa de muchas ciudades. En este sentido, es necesaria la correspondencia con las ordenanzas y normas de actuación en las edificaciones, sacando partido al potencial que tienen las cubiertas verdes como estrategia adaptativa. Contar con la transformación de cubiertas edificadas en zonas verdes, de uso público o privado, puede incrementar el valor que el sistema local de espacios libres puede adquirir para un sector específico de la ciudad.



Figura 18. Jardín Comunitario #103rd Street, NY
Fuente: Scape Studio, Nueva York



Figura 19. Biblioteca Joan Maragall, Barcelona
Fuente: BCQ arquitectura

¹⁷ Véase la hoja cartográfica 3.06 de Clasificación del Suelo del Plan General de Ordenación Urbana de Vitoria (2006) o la hoja 6.32 de Ordenación Pormenorizada.

Por último, cabe destacar la importancia de vincular las estrategias sobre la infraestructura verde a las acciones relacionadas con el funcionamiento hídrico buscando la efectividad conjunta de ambos sistemas. El Lago *Sankt Jørgens*, en la ciudad de Copenhague, juega un importante rol en el control de inundaciones debidas a episodios tormentosos repentinos. En estas situaciones, el lago se desborda hacia el oeste inundando las calles periféricas, por lo que se ha proyectado una estrategia específica que consiste en mantener la continuidad de la infraestructura azul, conectando el lago con el canal Sydhavnen situado al sur. De esta manera, la ciudad conseguirá reducir el nivel del lago para evitar que la subida ante este tipo de eventos climatológicos se produzca de forma súbita y minimizar así la vulnerabilidad asociada a esta amenaza.

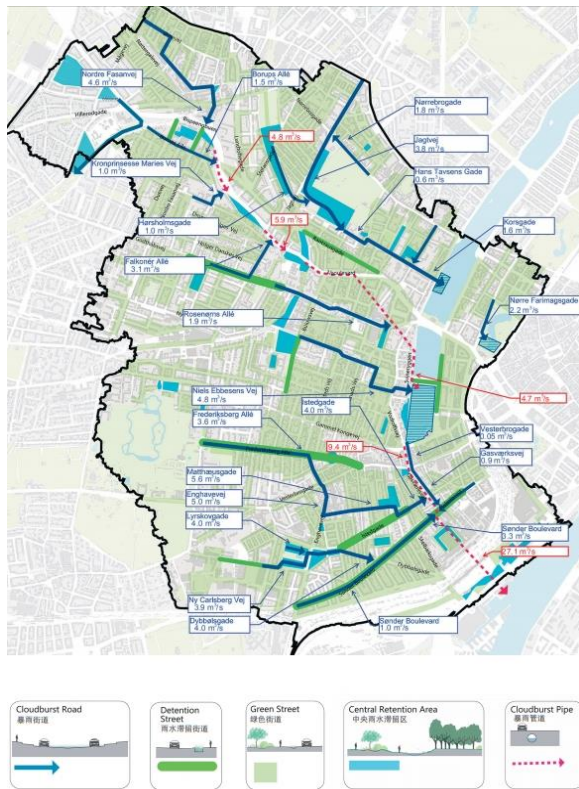


Figura 20. Estudio de cuenca del Lago Sankt Jørgens y medidas adaptativas.
Fuente: Adaptado de Hvilshøj et al., 2016



Figura 21. Proyecto de reordenación con el resultado esperado.
Fuente: Adaptado de Hvilshøj et al., 2016

La propuesta consigue incrementar en 7.000 m³ la capacidad de retención en caso de inundación repentina, además de establecer las adecuadas acciones que contribuirán a la continuidad del sistema hídrico. La intervención permite obtener una mayor superficie de espacio verde para la ciudad, lo que demuestra la correlación entre ambas infraestructuras y lo beneficioso de afrontar de forma conjunta la estrategia adaptativa.

2.3 Experiencia española de documentación marco sobre planeamiento urbanístico coherente con el cambio climático

De los recientes antecedentes de la normativa española se revisa a continuación el conjunto de objetivos, metodologías y estrategias desarrolladas en el marco físico y normativo español. Se revisa a continuación tanto lo relativo a la planificación relacionada con el cambio climático, como, de forma más exhaustiva, lo concerniente a la infraestructura verde en particular.

Entre los documentos que abordan de forma específica la temática de la ordenación urbanística y el cambio climático aprobados, destacan tres documentos:

- “Estrategia Local de Cambio Climático” (2008)¹⁸
- “Manual de planeamiento urbanístico en Euskadi para la mitigación y adaptación al cambio climático” (2012)
- “Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano” (2015)¹⁹

Se trata de documentos que responden a diferentes tipos de encargos y que se desarrollan en tres momentos diferentes, si bien tienen un alcance similar. La revisión de sus características es también un repaso cronológico a la evolución de la percepción del problema desde la primera, en 2008, hasta la más reciente, en 2015.

Se revisa a continuación para cada una de ellas tanto sus objetivos y métodos como el papel que desempeña la infraestructura verde en las medidas que proponen y la definición, si hubiera, de indicadores de seguimiento.

2.3.1 “Estrategia Local de Cambio Climático” (2008)

La Estrategia Local de Cambio Climático (RECC, 2008), de la Red Española de Ciudades por el Clima, consiste en el primer esfuerzo que se hace en España por facilitar a la escala local herramientas para la elaboración de planes, programas y medidas concretas, que permitan aplicar las determinaciones de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia²⁰, así como las leyes, normativas y planes elaborados desde el Gobierno central.

El documento incorpora la doble ambición de la adaptación junto con la de la mitigación a través del compromiso de reducción de gases de efecto invernadero. Constituyó la primera herramienta técnica que da soporte a la voluntad de acometer la lucha contra el cambio climático en el plano local, que años más tarde se materializaría en la Guía Metodológica.

El texto se compone de once documentos que estructuran las acciones focalizadas a mitigar y adaptar a los municipios frente al clima. Junto al desarrollo de información

¹⁸ Véase: http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia_local_para_adaptacion_cambio_climatico_en_municipios_espanoles_tcm30-178446.pdf

¹⁹ Véase: http://oa.upm.es/35571/7/FEMP_Medidas_CCC_Planeamiento_urbano.pdf

²⁰ Véase: http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/eeccel_es.htm

específica municipal relacionada con ámbitos sectoriales de carácter secundario se plantea una "Guía práctica para la aplicación de la Estrategia Local de Cambio Climático" donde se muestra el sistema de clasificación de acciones y medidas que se deben instaurar a nivel local. Además, la Estrategia Local incluye un "Plan de Participación y Sensibilización Ciudadana", un "Plan de Movilidad Sostenible" y, un "Plan de Gestión de la Energía" en el que se enfoca a la administración y gestión de la energía y la reducción de emisiones contaminantes. Como elemento complementario que analizaremos más profundamente se desarrolla un capítulo destinado a la planificación sostenible y a las actuaciones en el parque edificatorio "Plan de Edificación y Planificación Urbana".

Igualmente, se concibe una estrategia integral que se desarrolla en el capítulo "Plan de Gestión Sostenible de la Administración Local" para la aplicación de criterios sostenibles y ambientales en la gestión local de bienes y servicios, un "Plan de Gestión de Residuos" con el objeto de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, un "Plan de Adaptación al Cambio Climático" como remate de una estrategia global y finalmente, un "Sistema de Indicadores de Diagnóstico y Seguimiento del Cambio Climático" que permita evaluar los avances obtenidos en la aplicación de cada uno de los planes.

Para el objetivo de esta investigación es destacable la introducción en el documento de la necesidad de incorporar estrategias de planificación, derivadas en parte de la revisión que en él se hace del *Green Paper* (Libro Verde) de 2007 y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Gobierno de España, 2006), que hasta la fecha se habían publicado. En el momento de redacción del documento, la adaptación al cambio climático es un aspecto en desarrollo y todavía no se había establecido un marco normativo de referencia a nivel europeo o estatal, por lo que este documento tiene un enfoque más estratégico que normativo.

El documento muestra un momento también en el que las ciudades aún no tienen asumido el importante rol que hoy se las confiere. Así, se expresa la incapacidad de las ciudades para abordar el problema a título individual y la necesidad de asociarse:

"A la hora de elaborar un Plan de Adaptación es necesario tener presente que los riesgos climáticos son muy variados y comprenden desde peligros para la salud y la seguridad de las personas, como la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, hasta otros aspectos de carácter económico, social o ambiental de menor trascendencia. Los municipios se enfrentan a un reto inabordable a título individual, por lo que su prioridad es participar en un reparto de responsabilidades acorde con las competencias de todos los agentes implicados, asegurando la coordinación entre ellos." (RECC, 2008, Plan de Adaptación, p.33).

El documento sí confiere, sin embargo, importancia a los ayuntamientos como entidades con una fuerte capacidad de mitigación desde otros aspectos como el consumo, por lo que buena parte del plan se centra en el desarrollo de programas de compra verde y fomento del consumo responsable. Pero los principios de sostenibilidad ya están presentes en este primer documento, asociando los criterios

de desarrollo sostenible y equidad social a la adecuada planificación para el cambio climático:

"Por último, es necesario destacar que las políticas de adaptación entroncan directamente con el principio de desarrollo sostenible" (RECC, 2008, Plan de Adaptación, p. 33).

Estos principios vuelven de manera aún más explícita a ser tenidos en cuenta en las acciones del documento que en 2015 editaría la FEMP, como se verá más adelante. También en la Estrategia Local de Cambio Climático de 2008 están presentes ya los principios de participación ciudadana y de sensibilización a través de la comunicación, coherentes con el Plan Estatal de Cambio Climático. Aquí se establecen las bases de estas variables, que serán recurrentes en el resto de documentos marco que se redactarán posteriormente en España.

Respecto al seguimiento de las estrategias locales relacionadas con el cambio climático, el documento introduce tímidamente algunos indicadores relacionados con el uso sostenible del suelo. En lo relativo al rol otorgado a los espacios verdes, el documento incorpora esta red entre otros muchos recursos urbanos para la lucha contra el cambio climático. En concreto, el Plan cuenta con los espacios verdes para llevar a cabo tres tipos de medidas frente al cambio climático:

En primer lugar, para la medida de "Inclusión de Criterios Sostenibles Mínimos en los Instrumentos de Ordenación" se propone actuaciones de diversa naturaleza, entre las que la movilidad juega un rol clave, pero también los espacios verdes de los que destacan (RECC, 2008):

- Diseñar integrar y ampliar convenientemente la red de espacios libres urbanos como un sistema capaz de corregir y moderar las condiciones ambientales, creando zonas de sombra y captación de CO₂, además de servir como espacios de relación y uso social (en este sentido señala un estándar orientativo de 5 m² por habitante de zonas verdes).
- Proteger las áreas naturales, especialmente las arboladas, potenciando sus características de sumideros de CO₂.
- Evitar, en la medida de lo posible, la impermeabilización del suelo.

La segunda medida relacionada con los espacios libres es la de "Conservación y Creación de Sumideros de CO₂", para lo que propone el aumento de zonas verdes en el municipio. Por ello, se proponen las siguientes actuaciones (RECC, 2008):

- "Establecer, a través del planeamiento urbano municipal, un alto grado de protección para las zonas naturales, agrícolas, verdes, etc., especialmente las más arboladas.
- Creación de nuevas zonas verdes, introduciendo especies vegetales autóctonas, de elevado valor ecológico y de alta capacidad de retención de CO₂ (aunque éste último factor debe ser siempre secundario frente a los otros dos).

- Realización de campañas de reforestación de zonas degradadas, dirigidas a la ciudadanía con el objetivo de concienciarla sobre la necesidad de proteger las zonas verdes del municipio”

Por último, para la ejecución de una medida de “Ordenación Pormenorizada Eficiente” el documento propone: “análisis de la posible ubicación de los espacios libres, de forma que se fomente la creación de microclimas en los entornos residenciales que favorezcan una mejor climatización natural durante el verano”. (RECC, 2008, Plan de Adaptación, p. 33), advirtiendo, entre otros muchos factores, del rol a desempeñar por los espacios libres, públicos o privados, en los procesos de integración del cambio climático.

Queda destacar también el antecedente metodológico de esta guía, en la que no sólo se incorporan los principales conceptos clave (como la información, planificación, participación y seguimiento a través de indicadores) que serán seguidos hasta hoy en día, sino que también aporta en su estructura el apunte de buenas prácticas sobre los temas tratados (también reproducido y muy ampliado años más tarde por el documento de la FEMP en 2015). En este sentido, destaca la incorporación de casos ejemplares en lo relativo a los espacios libres como en Vitoria, ejemplo de ciudad sostenible, pero también otros casos como los desarrollos de Valdespartera o Sant Boi, donde se ejemplariza una intervención en infraestructura verde con la preservación de suelos boscosos y rurales de su periferia complementaria a la rehabilitación del centro urbano (reconocimiento del Programa Hábitat de las Naciones Unidas).

La Estrategia Local de Cambio Climático es, en definitiva, un antecedente fundamental en la metodología de las guías y manuales que posteriormente han tratado la relación entre planeamiento y cambio climático. En un proceso en el que han ido adquiriendo más protagonismo las ciudades y la adaptación se ha sumado a las iniciales medidas de mitigación, el siguiente documento clave del contexto español es el Manual de Planeamiento Urbanístico en Euskadi para la mitigación y adaptación al cambio climático (2012).

2.3.2 “Manual de Planeamiento Urbanístico en Euskadi para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático” (2012)

El documento recopila las medidas posibles a desarrollar en el ámbito del País Vasco para la mitigación y la adaptación en función de escenarios de clima futuros para la región climática. El documento se estructura como una guía de criterios no vinculantes, indicando que “No es, por tanto, un documento con carácter normativo y obligatorio. Surge con la voluntad de ayudar a los municipios que decidan utilizarla en la aplicación a su actividad planificadora de criterios sensibles a la problemática del cambio climático” (Ihobe, 2012, p. 4).

En el tercer capítulo del Manual se presentan las posibilidades de acción desde el planeamiento municipal frente al cambio climático, abordándose tanto las estrategias de adaptación, como las relacionadas con la mitigación. Aunque para la exposición se sigue el esquema de planeamiento legal, el nivel de detalle de las medidas deja aún un amplio campo por explorar.

Partiendo del entendimiento del sistema vasco de planeamiento, el documento sintetiza con un cuadro resumen las determinaciones del sistema de planeamiento urbanístico y territorial en relación con la mitigación y adaptación al cambio climático. Así, desde esta capacidad de determinación en el ámbito del planeamiento local, se desarrollan un total de 20 estrategias de mitigación y 8 de adaptación. En coherencia con dichas 8 estrategias generales de gestión de la adaptación, el documento propone acciones ante los tres principales riesgos: ante islas de calor (23 estrategias), ante la subida del nivel del mar (24) y ante la vulnerabilidad a inundaciones (24). Estas acciones abarcan desde la Información para la toma de decisiones en la adaptación, hasta las estrategias generales estructuradas en función de las amenazas detectadas en la región climática. Las medidas se refieren a cuestiones de diseño y planificación urbana como la utilización de materiales de alto albedo, la minimización de la superficie vial impermeabilizada o el tipo de arbolado de calle, revisando, de forma genérica, un amplio abanico de acciones posibles.

El *Manual de Planeamiento Urbanístico en Euskadi para la mitigación y adaptación al cambio climático* (2012) advierte en su propia introducción de la voluntad de servir como guía para la toma de decisiones, aportando criterios y líneas de trabajo en una visión amplia del problema, aunque muy ajustada a la estructura de planeamiento vasca. Queda por desarrollar un marco legislativo más concreto y objetivable, apoyado en indicadores o metodologías que permitan asociar las estrategias con las decisiones técnicas.

Se trata de un documento del año 2012, en el que se centran las medidas mayoritariamente en lo relativo a la mitigación. Respecto a los espacios libres, en el planteamiento se advierte de su potencial, teniendo en cuenta que en "Su tratamiento debe tener en cuenta la evolución hacia su consideración como un sistema de «infraestructuras verdes», en el que el objetivo de mitigación no es el único; el carácter infraestructural del espacio libre no está únicamente determinado por una búsqueda de resultados numéricos en términos de absorción de gases" (Ihobe, 2012, p. 32), es decir, introduciendo el rol múltiple desempeñado por esos espacios de bien público.

En lo relativo a los espacios "verdes", el documento detalla la necesidad de conocer sus características, precisamente por el rol que pueden desempeñar en la mitigación y adaptación al cambio climático. El conocimiento de estos espacios debe contar, al menos con información periódica sobre los siguientes aspectos (Ihobe, 2012, p.32):

- Superficie.
- Tipo de vegetación, número de pies de cada especie y edad y tamaño.
- Tipos de pavimentación y proporción de la impermeabilización del suelo; y
- Estado de mantenimiento tanto de la urbanización «dura» como de la vegetación.
- Utilización de arbolado de hoja caduca en las fachadas con orientación sur para facilitar su funcionamiento como reguladores climáticos (obstrucción solar en verano, que desaparece en invierno).

Respecto a su potencial de determinación dentro del sistema de planeamiento vasco, apenas se identifica su influencia en aspectos como la "evolución del clima local y confort de uso. Espacios libres y gestión de riesgos" (Ihobe, 2012, p. 26) en el terreno de la adaptación y, la "capacidad de succión de gases de efecto invernadero" en lo que se refiere a la mitigación. Será en el año 2015 donde la infraestructura verde, junto a otros factores, cobre especial relevancia como estrategia de adaptación, en la Guía desarrollada por la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP).

2.3.3 "Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano" (2015)

La denominada "Guía de Guías" ha sido elaborada por la Red Española de Ciudades por el Clima, Sección de la Federación Española de Municipios y Provincias, con la colaboración de la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. En ella se sintetiza la información existente en el momento de redactarla en lo que se refiere a la conexión entre planeamiento urbanístico y cambio climático.

El objetivo de la Guía metodológica es el de ofrecer orientación para hacer frente al cambio climático en la escala municipal. Para ello se incorpora en el documento para cada área temática, las estrategias, la escala adecuada de planeamiento y las medidas de sostenibilidad que acompañan.

Tras un análisis a la estructura y contenidos del documento, cabe destacar los siguientes aspectos relacionados con su metodología y planteamientos:

- La guía se estructura en "Medidas Marco" entendidas como objetivos de carácter general y transversal consensuados entre expertos y técnicos: el análisis de los riesgos, la planificación de estrategias, la comunicación de procesos y la participación ciudadana.
- Dentro de la Medida Marco de Planeamiento Urbanístico se propone un amplio abanico de estrategias estructuradas en áreas temáticas, que se revisarán con detalle más adelante.
- Tiene la particularidad de trabajar en diferentes escalas, desde la urbana hasta el Proyecto urbano, si bien el objetivo fundamental es la escala municipal.
- Una de las novedades del documento es el esfuerzo por referenciar los riesgos asociándolos a áreas geográficas/climáticas determinadas.
- El documento también hace un esfuerzo por conciliar y al tiempo aclarar las diferencias entre los criterios de sostenibilidad y cambio climático, revisados en 4.2.1. Incorpora medidas básicas de sostenibilidad, distinguiendo estos criterios generales de eco-urbanismo, presentes (y coincidentes en muchos casos) entre las medidas de cambio climático.

- Además, la guía incorpora la variable coste-beneficio. Aunque confiriéndole un dudoso valor objetivo, sí aporta un orden de magnitud de su grado de eficiencia económica.
- En lo relativo a su metodología, la guía ofrece una doble estructura: en función del tipo de impacto al que se expone la localidad y con medidas pertenecientes a diferentes áreas temáticas
- Por último, la red de espacios libres y el concepto “verde” adquiere un protagonismo especial como recurso frente al cambio climático, siendo dos de las áreas temáticas de trabajo.

Respecto a estos dos últimos aspectos, las estrategias destacadas en el documento sirven, junto con las de otros documentos y prácticas de planeamiento recientes, por su importancia como referencia oficial, y dado que tiene un carácter de “recopilación” de lo avanzado hasta la fecha en esta materia²¹ como referente para este trabajo. Un resumen de los impactos para los que se diseñan las medidas de adaptación relacionadas con la ocupación del suelo y el planeamiento recopiladas en la Guía en función del tipo de impactos son:

T. Aumento de las temperaturas

- T1. Incremento del efecto “isla de calor” en los núcleos urbanos
- T2. Mayores necesidades de sombra en las horas centrales del verano
- T3. Incremento de las necesidades de riego del verde urbano
- T5. Mayor evaporación de aguas de estanques, piscinas y embalses
- T6. Mayores periodos de inversión térmica.
- T7. Más contaminación por menor ventilación con inversión térmica

N. Elevación del nivel del mar

- N1. Inundaciones en áreas urbanas costeras
- N2. Pérdida de playas en zonas turísticas

L-S. Lluvia torrencial / Sequía

- LS1. Cambios en la escorrentía y en la disponibilidad de agua
- LS2. Desprendimientos de taludes de carreteras urbanas

L. Lluvia torrencial

- L1. Inundaciones por avenida
- L2. Sobrecarga de las infraestructuras de alcantarillado

²¹ La Guía se basa en los siguientes documentos previos para la identificación de las medidas:

- Directrices de Lucha contra el Cambio Climático en los instrumentos de planificación urbana
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
- Estrategia Local de Cambio Climático
- Cambio Climático en las Ciudades Costeras
- El Cambio Climático en la Política Donostiarra
- Plan de Mejora Energética de Barcelona
- Guía para el Desarrollo de Normativa Local en la lucha contra el cambio climático
- Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local
- Manual de planeamiento urbanístico de Euskadi para la mitigación y la adaptación al cambio climático

S. Sequía

- S1. Riesgos de interrupciones en el suministro eléctrico de origen hidráulico
- S2. Problemas de abastecimiento alimentario
- S3. Riesgos de erosión

F. Incendios forestales

- F1. Riesgos de incendios en áreas urbanas próximas a zonas forestales.

Por otra parte, es especialmente valiosa la identificación que se hace en este documento de las medidas a adoptar para el diseño de espacios libres.

Más concretamente, el documento de FEMP (2015) hace una extensa recopilación de las medidas a llevar a cabo en los espacios verdes de la ciudad: medidas específicas del Área "Verde Urbano".

Por último, desde el punto de vista metodológico, la guía propone la elaboración de planes de adaptación en el seno de los instrumentos de planificación urbana:

"Elaborar planes locales de adaptación y mitigación al cambio climático basados en las condiciones específicas e incorporar las medidas de lucha contra el cambio climático en los instrumentos de planificación urbana y en las ordenanzas y normativas municipales" (FEMP, 2015, p. 42).

Con este "marco" ya suficiente y sólidamente avanzado en la denominada "Guía de guías", que alcanza hasta la identificación de escalas y medidas, la tesis doctoral tiene por objetivo avanzar en la definición de las estrategias y metodologías que completen los esquemas actuales de planificación y que incluyen la clasificación y calificación del suelo, así como la integración de ordenanzas y mapas de delimitación en las figuras de los Planes Generales y el en los Planes de Desarrollo con sus respectivas herramientas.

En el documento de FEMP (2015), como en los anteriores, se ha dado un importante paso hacia la identificación de estrategias y la concreción de las escalas adecuadas para aplicarlas. Este avance es de gran utilidad, como se indica en el propio documento de la FEMP para la ayuda a la toma de decisiones sobre políticas. Sin embargo, en el terreno técnico, es necesario un mayor avance en el contenido de las estrategias, con herramientas para su identificación (metodologías de análisis y de propuesta de escenarios adecuados a la variable del cambio climático), pero también con propuestas concretas de cambios en las determinaciones urbanísticas posibles en nuestro sistema legal (clasificación y calificación; ordenanzas, delimitaciones o catálogos) así como para su seguimiento (indicadores y estándares de referencia). En la concreción de estos objetivos se centra el siguiente apartado.

2.4 Conclusiones sobre la experiencia en la planificación de la Infraestructura Verde como estrategia de adaptación

Derivado del conocimiento previo, se propone una síntesis que abarca tanto los objetivos detectados en el análisis, consensuados en la literatura científica, como las

estrategias fundamentales asociadas a ellos que han sido puestas en práctica en las experiencias y normativa analizada. Los objetivos y estrategias detectadas responden a los siguientes dos ámbitos:

Sobre el Método de Planeamiento:

- Mejoras metodológicas relacionadas con el proceso de planeamiento
- Mejoras metodológicas relacionadas con la regulación urbanística después de la aprobación del plan

Sobre el Contenido del Planeamiento:

- Determinaciones de clasificación del suelo rústico
- Determinaciones de calificación del suelo urbano y urbanizable

Para afrontar el análisis, este conjunto de estrategias y objetivos ha sido clasificado en función de dos criterios: la escala en la que son aplicados (territorial, urbana o intra-urbana) y la naturaleza de los mismos (si afectan al método de planificación urbanística o si se refieren a su contenido -a sus determinaciones-). Las tablas siguientes muestran los resultados de esta clasificación, y permiten extraer unas primeras conclusiones sobre el tipo y escala de las estrategias propuestas.

Tabla 1. Clasificación de las Estrategias de Método para el proceso del planeamiento

Objetivo	Estrategia Metodológica para el proceso del planeamiento	T	U	B
Garantizar un adecuado ambiente urbano en función de las proyecciones de clima futuro	E1-Contemplar los escenarios de cambio climático para dimensionar, ubicar y proyectar el espacio público dotacional			
Garantizar una adecuada capacidad de adaptación frente al CC	E2-Definición de las zonas de riesgo basado en la estimación de escenarios de CC			
Urbanizar con las máximas garantías frente al cambio climático	E3-Desarrollar escenarios de crecimiento urbano para valorar el impacto del cambio climático futuro en las propuestas de planeamiento. Aplicación de estándares para la creación de escenarios alternativos.			
Garantizar el acceso de la población a espacios libres equipados y ambientalmente adaptados al cambio climático	E4-Utilizar indicadores objetivos para diagnosticar la situación pasada y presente (superficies, distancias, ubicación, datos socioeconómicos, etc.). Incorporar técnicas de seguimiento objetivas (indicadores) para medir de forma adecuada las mejoras adaptativas introducidas.			
Mantener en condiciones idóneas la vegetación frente a los cambios del clima esperados	E5-Establecer una vegetación acorde con las condiciones previstas primando el uso de especies autóctonas			

Fuente: Elaboración propia. Nota: T (Territorial); U (Urbano); B (Distrito-Barrio)

Tabla 2. Clasificación de las Estrategias de Método para la regulación y seguimiento

Objetivo	Estrategia Metodológica para la regulación y seguimiento	T	U	B
Garantizar el acceso de la población a espacios libres equipados y ambientalmente adaptados al cambio climático	E6-Incorporar técnicas de seguimiento objetivas (indicadores) para medir de forma adecuada las mejoras adaptativas introducidas y avanzar en la definición de estándares mínimos normativos.			
Reducir el efecto negativo sobre el ambiente urbano derivado del cambio climático	E7-Establecimiento de ordenanzas dirigidas al incremento de la vegetación en cubiertas y fachadas			
Evitar la escorrentía superficial provocada por fenómenos extremo de precipitaciones	E8-Incorporación en los proyectos de urbanización y reforma interior de herramientas que garanticen el incremento de las zonas de vegetación y de permeabilidad del suelo.			
Reducir la temperatura ambiente por efecto de isla de calor urbano	E9-Realización de Proyectos de Urbanización específicos con el objeto de recuperar cauces y escorrentías naturales.			
Evitar la pérdida de vegetación por incremento de temperaturas asociadas al cambio climático	E10-Incorporación de criterios de diseño de soluciones constructivas que fomenten el empleo de superficies de alto albedo.			
Evitar daños en bienes inmuebles por acción meteorológica extrema del cambio climático	E11-Garantizar la incorporación de estrategias de gestión adecuadas post-proyecto como la utilización de agua reciclada para la irrigación de zonas verdes y espacios libres.			
Garantizar el uso de las infraestructuras durante eventos extremos climatológicos	E12-Incorporación de normativa específica que permita la regulación de usos en planta baja en zonas de inundación o criterios de modificación de estructuras para permitir el paso de flujos.			
Evitar inundaciones provocadas por obstáculos de la urbanización ante la variación y evolución extrema del clima	E13-Incorporación de criterios de regulación del paisaje post-proyecto como el tratamiento de naturalización de infraestructuras lineales sobre taludes y terraplenes.			

Fuente: Elaboración propia. Nota: T (Territorial); U (Urbano); B (Distrito-Barrio)

Tabla 3. Clasificación de Objetivos y Estrategias de Contenido del Planeamiento Urbanístico

OBJETIVO	ESTRATEGIAS DE CONTENIDO DEL PLANEAMIENTO	T	U	B
Garantizar unos espacios libres con cualidades ambientales frente a modificaciones del clima futuro	E14-Clasificación de Infraestructura verde y azul para la adaptación bioclimática tanto en suelo rústico como urbano			
Controlar los efectos producidos por inundaciones repentinas	E15-Clasificación de infraestructura verde y azul como recurso ante inundaciones			
Contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero como estrategia coordinada de adaptación	E16-Clasificación como categoría de infraestructura verde aquellas superficies destinadas a sumideros de carbono			
Garantizar las relaciones ecosistémicas entre la ciudad y el medio rural y natural para minimizar la pérdida de biodiversidad debido al CC	E17-Identificación de ecosistemas urbanos y periurbanos para su conexión con las zonas verdes existentes en la ciudad. Incorporación con la red de espacios libres usos compatibles del sector primario para su conectividad ecosistémica.			
Reducir los daños provocados por eventos extremos derivados del cambio climático	E18-Identificación usos del suelo basado en ecosistemas (AbE) minimizando los riesgos derivados del CC (escorrentías, erosión...)			
Reducir los daños provocados por eventos extremos derivados del CC.	E19-Designación de usos compatibles con zonas de riesgo (espacios libres, recreación y deportivas)			
Mejorar las condiciones ambientales urbanas derivado del incremento de temperaturas.	E20-Delimitación Unidades de Actuación o Áreas de Renovación Urbana para la adaptación en zonas identificadas como islas de calor urbano.			
Satisfacer las necesidades hídricas de los espacios verdes por aumento de las tª sin generar servicios o infraestructuras de elevado coste	E21-Identificación de servicios específicos para la captación de aguas pluviales mediante el uso de la red de espacios libres			
Evitar daños en bienes públicos y privados por eventos extremos derivados del cambio climático	E22-Clasificación de las zonas de riesgo con figuras específicas de adaptación para la renovación o traslado de edificaciones en riesgo			
Facilitar lugares de protección y refugio a la población afectada por eventos climáticos extremos	E23-Dimensionar y ubicar los Espacios Libres sin exposición al riesgo para que sirvan como áreas de asistencia y refugio en zonas de riesgo			
Garantizar el acceso de la población a espacios libres equipados y ambientalmente adaptados al CC.	E24-Incorporación en el planeamiento de soluciones que cumplan estándares mínimos de sostenibilidad y adaptación al CC.			
Reducir los efectos del cambio climático sobre las temperaturas y otros factores en el entorno urbano	E25-Incorporación en el diseño de espacios públicos con criterios bioclimáticos			
Contrarrestar la pérdida de biodiversidad derivada del cambio climático	E26-Garantizar la biodiversidad de los espacios libres urbanos como estrategia adaptativa e introducir indicadores de biodiversidad			
Evitar la escorrentía superficial derivada de exposición extrema a fenómenos tormentosos por CC.	E27-Introducir superficies que garanticen la permeabilidad del espacio público e incorporar estándares de diseño para su seguimiento			

Fuente: Elaboración propia. Nota: T (Territorial); U (Urbano); B (Distrito-Barrio)

Tras la revisión y análisis del conjunto de estrategias detectadas en las tablas anteriores cabe destacar algunas conclusiones en relación con dos aspectos: las escalas empleadas para su consecución y la naturaleza de las mismas.

- Sobre la escala de las estrategias, se observa que la mayoría de las medidas propuestas se desarrolla en la escala urbana, con algunas específicas del planeamiento de desarrollo. Las menos numerosas son las de escala territorial hasta la fecha, aunque esta escala podría ser la más adecuada si el marco legislativo le confiriera mayor capacidad de determinación urbanística.

En el caso del sistema de planeamiento español, observamos aquí un aspecto importante a destacar. Se trata de, aunque espacialmente se corresponden con la "escala" territorial, determinaciones que sólo pueden desarrollarse en el Planeamiento General, que tiene escala Municipal. Esta condición de marco legal del sistema español hace que en esta tesis se afronten estos aspectos en el marco del planeamiento urbanístico, si bien pueden también aplicarse a la ordenación territorial/supramunicipal en todo aquello relacionado con el suelo rústico. Esta simbiosis se observa en los propios referentes analizados, que en muchos casos son Planes Territoriales Regionales, puesto que no es fácil encontrar antecedentes en la planificación local. Se observa por tanto cierta contradicción en el esquema normativo, donde aspectos que, en concepto parece oportuno que sean tratados en una escala, sin embargo, legalmente sólo pueden determinarse figuras de planeamiento de otra escala diferente. Este es precisamente uno de los motivos por los que se considera necesaria esta investigación, en la que se trata de aportar herramientas a la escala local (en la que en el sistema español pueden hacerse las determinaciones pertinentes).

- En lo relacionado con la naturaleza de las estrategias, se observa un amplio número de medidas relacionadas con el *Planeamiento Urbanístico*, coincidentes con el enfoque de esta investigación. Se ha diferenciado del grupo de estrategias que pueden llevarse a cabo mediante herramientas de clasificación o calificación urbanística, de aquellas otras que requieren introducir cambios bien en los métodos con los que se afrontan los procesos de planificación urbanística (incorporando variables y métodos específicos de cambio climático), o bien en las estructuras de regulación, como son las ordenanzas y normativas de los instrumentos de planificación (como la incorporación de indicadores y nuevos tipos de estándares en el seguimiento y la regulación del planeamiento).

Estas conclusiones, derivadas del análisis global de las estrategias, permite ordenar y priorizar la experiencia previa en el abanico de medidas desplegado hasta la fecha para la adaptación al cambio climático.

3 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLANEAMIENTO

Se propone un marco de estrategias que permita la incorporación de los criterios de adaptación al cambio climático al planeamiento, identificando las acciones y productos esperados para cada una de ellas. El conjunto de estrategias propuestas se estructura en función de su naturaleza en dos grandes grupos: por un lado, las estrategias relacionadas con los cambios metodológicos necesarios para afrontar la planificación urbanística contemplando la adaptación; y, por otro, las estrategias relacionadas con el contenido del planeamiento, es decir, con las determinaciones a las que afecta, en coherencia con el sistema de planeamiento español (esto es, determinaciones de clasificación, calificación o delimitación de áreas específicas).

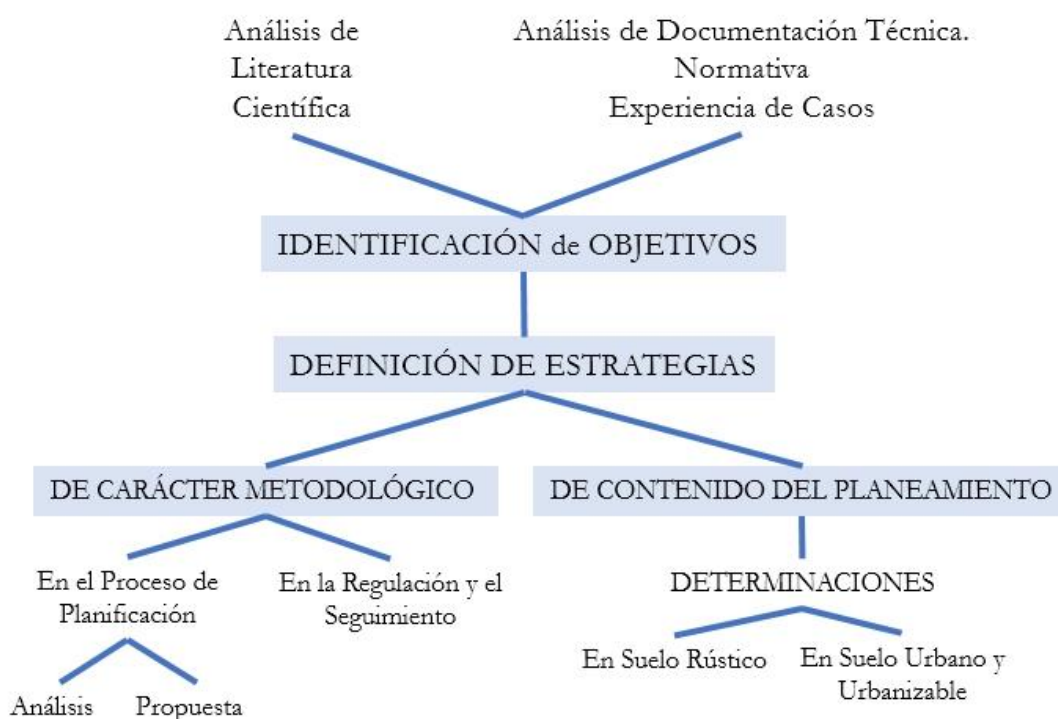


Figura 22. Esquema de la estructura propuesta
Fuente: Elaboración propia

3.1 Estrategias de Carácter Metodológico

La consecución de nuevos objetivos en el planeamiento conlleva el empleo también de nuevas metodologías que permitan introducir variables de cambio climático en la planificación urbanística y afrontar con herramientas adecuadas este reto. Se proponen medidas relacionadas tanto con la mejora de la metodología en el proceso de planificación, como con los métodos de seguimiento y regulación una vez aprobado el planeamiento. Para la definición de las mismas se analiza, para cada epígrafe: los objetivos a conseguir; las estrategias que permitirán alcanzarlos; y las acciones y productos en que se materializan cada una de ellas.

3.1.1 Estrategias de mejora de la metodología en el proceso de planificación

Los objetivos fundamentales que afectan a la mejora de los planteamientos metodológicos en la fase de planificación son:

- Garantizar un adecuado ambiente urbano en función de las proyecciones de clima futuro.
- Garantizar una adecuada capacidad de adaptación frente al cambio climático previsto.
- Urbanizar con las máximas garantías frente al cambio climático.
- Garantizar el acceso de la población a espacios libres equipados y ambientalmente adaptados al cambio climático
- Mantener en condiciones idóneas la vegetación frente a los cambios del clima esperados.

Para ello, es necesario el desarrollo de nuevas herramientas en el proceso de planificación, tanto en la fase previa de análisis, incorporando escenarios de cambio climático y de exposición al riesgo; como en la fase de proyección de escenarios urbanísticos, incorporando las variables necesarias para una correcta adaptación. Las estrategias por tanto se dividen en dos grupos:

Estrategias para mejorar la metodología de la fase de análisis:

- Contemplar los escenarios de cambio climático para dimensionar, ubicar y proyectar el espacio público dotacional.
- Definir las zonas de riesgo basado en la estimación de escenarios de cambio climático.
- Utilizar indicadores objetivos para diagnosticar la situación pasada y presente (superficies, distancias, ubicación, datos socioeconómicos, etc.).

Estrategias para mejorar la metodología en la fase de propuesta y definición de la planificación urbana y/o territorial:

- Desarrollar escenarios de crecimiento urbano para valorar el impacto del cambio climático futuro en las propuestas de planeamiento.
- Aplicación de estándares para la creación de escenarios alternativos.
- Incorporar técnicas de seguimiento objetivas (indicadores) para medir de forma adecuada las mejoras adaptativas introducidas.

Estas estrategias responden a los objetivos de integración de las variables de adaptación en cada escala de planeamiento y se realizan a través de acciones específicas, que tendrán como resultado unos productos determinados. La

Tabla 4 recoge estas acciones en cada escala de trabajo, dando respuesta a los objetivos detectados en el estado de la cuestión.

En la escala Territorial, las estrategias relacionadas con el método de planificación para la adaptación se traducen en las siguientes acciones:

- Realización de escenarios de cambio climático regionalizados para detectar vulnerabilidades.
- Incorporación de la relación entre riesgo existente y riesgo derivado del cambio climático
- Desarrollo de modelos de crecimiento teniendo en consideración los riesgos derivados del cambio climático.
- Creación de un sistema de indicadores adecuado para el análisis, diagnóstico de la situación actual y pasada.

Empleo de estándares para la modelización de escenarios. En la escala Urbana, las estrategias propuestas se concretan en las siguientes acciones:

- Realización de escenarios de cambio climático locales.
- Introducción de un sistema de indicadores adecuado.
- Identificación de la relación entre riesgo existente y riesgo derivado del cambio climático.
- Desarrollo de modelos de crecimiento de la huella urbana en un periodo concreto relacionado con los riesgos detectados por el cambio climático.
- Determinación áreas vulnerables al cambio climático que requieren acciones adaptativas.
- Creación de un sistema de indicadores adecuado para el análisis, diagnóstico de la situación actual y pasada.
- Empleo de estándares para la modelización de escenarios

En la escala Intra-urbana, o de distrito, estas estrategias se traducen en las siguientes acciones:

- Introducción de un sistema de indicadores adecuado.
- Identificación de la relación entre riesgo existente y riesgo derivado del cambio climático en la escala de barrio.
- Creación de un sistema de indicadores adecuado para el análisis, diagnóstico de la situación actual y pasada.
- Empleo de estándares para la modelización de escenarios.

Tabla 4. Resumen de Acciones y Productos relacionados con las Estrategias de mejora de la Metodología en el proceso de planificación

EST	ESCALA TERRITORIAL	Producto Territorial	ESCALA URBANA	Producto Urbano	ESCALA DE BARRIO	Producto Barrio
E1	Realización de escenarios de cambio climático regionalizados para detectar vulnerabilidades	1. Modelización de escenarios climáticos indicando vulnerabilidad por temperaturas, vientos extremos e inundaciones	Realización de escenarios de cambio climático locales	1. Modelización de escenarios climáticos indicando vulnerabilidad por temperaturas, vientos extremos e inundaciones		
E2	Relación entre riesgo existente y riesgo derivado del cambio climático	1. Mapa de incremento de riesgos 2. Mapa específico de riesgo derivados del clima 3. Cuantificación de superficie urbanizada y urbanizable afectada 4. % Población afectada/Población en la escala territorial	Relación entre riesgo existente y riesgo derivado del cambio climático	1. Mapa de incremento de riesgos 2. Mapa específico de riesgo derivados del clima 3. Cuantificación de superficie urbanizada y urbanizable afectada 4. % de población en riesgo/población total urbana	Relación entre riesgo existente y riesgo derivado del cambio climático en la escala de barrio	1. Mapa de incremento de riesgos 2. Mapa específico de riesgo derivados del clima 3. Cuantificación de superficie urbanizada y urbanizable afectada 4. % de población en riesgo/población a escala de barrio
E3	Desarrollo de modelos de crecimiento teniendo en consideración los riesgos derivados del cambio climático	1. Mapa de Crecimiento relacionado con los riesgos identificados a escala territorial 2. Mapa determinando áreas vulnerables al cambio climático que requieren acciones adaptativas	Desarrollo de modelos de crecimiento de la huella urbana en un periodo concreto relacionado con los riesgos detectados por el cambio climático	1. Plano de escenario huella urbana futura 2. % Población urbana expuesta/Población total 3. Plano determinando áreas vulnerables al cambio climático que requieren acciones adaptativas		

EST	ESCALA TERRITORIAL	Producto Territorial	ESCALA URBANA	Producto Urbano	ESCALA DE BARRIO	Producto Barrio
E4	Creación de un sistema de indicadores adecuado para el análisis, diagnóstico de la situación actual y pasada. Empleo de estándares para la modelización de escenarios	Marco de Indicadores adecuado. Identificación de estándares óptimos y mínimos específicos para la zona.	Creación de un sistema de indicadores adecuado para el análisis, diagnóstico de la situación actual y pasada. Empleo de estándares para la modelización de escenarios	Marco de Indicadores adecuado. Identificación de estándares óptimos y mínimos específicos para la zona y las características morfológicas del entorno	Creación de un sistema de indicadores adecuado para el análisis, diagnóstico de la situación actual y pasada. Empleo de estándares para la modelización de escenarios	Marco de Indicadores adecuado. Identificación de estándares óptimos y mínimos específicos para la zona y las características morfológicas del ámbito urbano definido
E5	Introducción de especies vegetales adaptadas al cambio climático	1. Plano de ubicación y tipología de especies vegetales 2. Cálculo de demanda hídrica 3. Estimación de respuesta de la vegetación al escenario	Introducción de especies vegetales adaptadas al cambio climático	1. Plano de ubicación y tipología de especies vegetales 2. Cálculo de demanda hídrica del SGEL 3. Estimación de respuesta de la vegetación al escenario	Introducción de especies vegetales adaptadas al cambio climático	1. Plano de ubicación y tipología de especies vegetales 2. Cálculo de demanda hídrica del SLELZV 3. Estimación de respuesta de la vegetación al escenario

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Estrategias de mejora de la metodología en la regulación y el seguimiento

Ante el nuevo panorama, también el seguimiento y la regulación de las estrategias debe perseguir nuevos objetivos. Los objetivos fundamentales para los que la transformación de esta metodología puede contribuir son los siguientes:

- Garantizar el acceso de la población a espacios libres equipados y ambientalmente adaptados al cambio climático.
- Reducir el efecto negativo sobre el ambiente urbano derivado del cambio climático.
- Evitar la escorrentía superficial provocada por fenómenos extremos de precipitaciones.
- Reducir la temperatura ambiente por efecto de isla de calor urbano.
- Evitar la pérdida de vegetación por incremento de temperaturas asociadas al cambio climático.

- Evitar daños en bienes inmuebles por acción meteorológica extrema del cambio climático.
- Garantizar el uso de las infraestructuras durante eventos extremos climatológicos.
- Evitar inundaciones provocadas por obstáculos de la urbanización ante la variación y evolución extrema del clima.

Para la consecución de estos objetivos es necesario el desarrollo de nuevas herramientas de regulación y de gestión, entre las que destacan las siguientes estrategias:

- Incorporar técnicas de seguimiento objetivas (indicadores) para medir de forma adecuada las mejoras adaptativas introducidas y avanzar en la definición de estándares mínimos normativos.
- Establecimiento de ordenanzas dirigidas al incremento de la vegetación en cubiertas y fachadas.
- Incorporación en los proyectos de urbanización y reforma interior de herramientas que garanticen el incremento de las zonas de vegetación y de permeabilidad del suelo.
- Realización de Proyectos de Urbanización específicos con el objeto de recuperar cauces y escorrentías naturales.
- Incorporación de criterios de diseño de soluciones constructivas que fomenten el empleo de superficies de alto albedo.
- Garantizar la incorporación de estrategias de gestión adecuadas post-proyecto como la utilización de agua reciclada para la irrigación de zonas verdes y espacios libres.
- Incorporación de normativa específica que permita la regulación de usos en planta baja en zonas de inundación o criterios de modificación de estructuras para permitir el paso de flujos.
- Incorporación de criterios de regulación del paisaje post-proyecto como el tratamiento de naturalización de infraestructuras lineales sobre taludes y terraplenes.

Estas estrategias responden a los objetivos de integración de las variables de adaptación en cada escala de planeamiento a través de acciones específicas. La

Tabla 5 recoge estas acciones en cada escala de trabajo. En este caso, este tipo de acciones únicamente se desarrollan en la escala de planeamiento de la ciudad e intra-urbano, puesto que es éste el ámbito legal y físico adecuado para su regulación.

En la escala Urbana, las estrategias relacionadas con el método de planificación para la adaptación se traducen en las siguientes acciones:

- Creación de un sistema de indicadores válidos para el seguimiento de la estrategia adaptativa adoptada en el planeamiento.
- Delimitación de áreas edificadas susceptibles de ser vegetadas y regulación mediante ordenanzas en nuevos desarrollos.
- Delimitación de áreas con potencial permeable, estableciendo ordenanzas específicas en los nuevos desarrollos.
- Ordenación del Sistema General Hídrico o de Irrigación.
- Establecimiento de criterios generales de utilización de las zonas de inundación.
- Clasificación de infraestructuras lineales en riesgo.
- Planificación consecuente con las escorrentías.

En la escala de barrio, las estrategias relacionadas con el método de planificación para la adaptación se traducen en las siguientes acciones:

- Creación de un sistema de indicadores válidos para el seguimiento participativo de las estrategias adaptativas
- Definición de acciones de vegetación en cubiertas y fachadas.
- Definición de criterios para la ejecución de áreas permeables.
- Delimitación de áreas de islas de calor urbano incrementadas por efecto del cambio climático.
- Establecimiento de pautas de actuación para la recolección de aguas pluviales.
- Criterios específicos de áreas de inundación delimitadas.

Este conjunto de estrategias y acciones previas permiten construir un marco metodológico adecuado para el planeamiento y su seguimiento (Tabla 5).

Tabla 5. Marco Metodológico para el Planeamiento y su seguimiento

EST.	ESCALA URBANA	Producto Urbano	ESCALA DE BARRIO	Producto Barrio
E6	Creación de un sistema de indicadores válidos para el seguimiento de la estrategia adaptativa adoptada en el planeamiento.	Marco de Indicadores de seguimiento adecuado. Identificación de estándares óptimos y mínimos específicos para la zona y las características morfológicas del entorno	Creación de un sistema de indicadores válidos para el seguimiento participativo de las estrategias adaptativas	Marco de Indicadores de seguimiento adecuado. Identificación de estándares óptimos y mínimos específicos para la zona y las características morfológicas del ámbito urbano definido
E7	Delimitación de áreas edificadas susceptibles de ser vegetadas y Ordenanza en nuevos desarrollos	1. Plano de delimitación de zonas con edificación susceptible de ser vegetadas 2. Ordenanzas para el desarrollo de nuevas urbanizaciones	Definición de acciones de vegetación en cubiertas y fachadas	1. Identificación de inmuebles delimitados en el área de intervención 2. Cálculo de superficie verde incrementada computable al SLELZV
E8	Delimitación de áreas con potencial permeable. Ordenanza de nuevos desarrollos	1. Plano de delimitación de zonas permeables 2. Determinación de % permeables por m ² de superficie potencial permeable	Definición de criterios para la ejecución de áreas permeables	1. Cuantificación de la capacidad de infiltración de las áreas identificadas 2. Penalización de actuaciones de impermeabilización
E9			Delimitación de áreas de islas de calor urbano incrementadas por efecto del cambio climático	1. Plano identificativo de islas de calor urbano 2. Valor de superficies de alto albedo/m ² del ámbito
E10	Ordenación del Sistema General Hídrico o de Irrigación	1. Plano del Sistema General Hídrico o de Irrigación 2. Cuantificar capacidad de retención de escorrentías (tanques de tormenta)	Establecimiento de pautas de actuación para la recolección de aguas pluviales	1. Mapear la red y cuantificar la capacidad de captación 2. Indicador de m ³ agua pluvial captada / m ² superficie construida 3. Indicador de m ³ agua pluvial retenida/m ² ZV
E11	Criterios generales de utilización de las zonas de inundación	1. Plano de inundaciones incrementadas por el CC 2. Definición de criterios constructivos generales para edificaciones en zonas de inundación	Criterios específicos de áreas de inundación delimitadas	1. Clasificación de zonas por su nivel de vulnerabilidad ante inundaciones extremas 2. Definición de sistemas constructivos específicos para aumentar la compatibilidad de la edificación con las zonas de inundación
E12	Clasificación de infraestructuras lineales en riesgo	1. Plano de infraestructuras lineales clave 2. Medidas de naturalización 3. Mantenimiento de la infraestructura clave		
E13	Planificación consecuente con las escorrentías	1. Plano de escorrentías y de inundación 2. Incremento de la continuidad hidrológica		

Fuente: Elaboración propia

3.2 Estrategias de Contenido del Planeamiento Urbanístico

El análisis de los objetivos y estrategias recogidos de la literatura, junto con el análisis propio de casos aplicados, ha permitido identificar y clasificar las estrategias en función de su ámbito físico de acción (territorial, urbano y de distrito o intra-urbano). Sin embargo, como ya se ha advertido, esta subdivisión no necesariamente es correspondida con el marco legislativo, puesto que muchos de los elementos de la escala física territorial en la realidad administrativa española son regulados por los planes municipales. Así mismo, muchas de las decisiones estructurales de los planes de desarrollo en la escala de barrio o distrito (como la definición de sistemas generales o la localización estratégica de equipamientos o zonas verdes) vienen dadas por la planificación municipal superior. Estas circunstancias hacen que el análisis de las estrategias de planificación se centre en la escala municipal, respetando el protagonismo en la capacidad de determinación que le confiere el marco legislativo existente. Es en este contexto municipal donde legalmente pueden aplicarse las modificaciones pertinentes de clasificación y calificación, si bien, como se ha apuntado, muchos de los antecedentes analizados, cuyas experiencias contribuyen a la definición de la propuesta, se detectan también en planes territoriales o de desarrollo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se procede a la definición de las acciones concretas correspondientes a las estrategias detectadas en el apartado anterior. En este caso, por la identidad que tienen las estrategias de planificación, se trabaja a un detalle mayor, con el fin de explorar en cada una de ellas las potenciales acciones, revisando su naturaleza y reflexionando sobre experiencias previas. Para realizar esta revisión, se han estructurado las estrategias en función del tipo de determinación a la que afecta en el esquema de planeamiento urbanístico.

Así, se proponen las siguientes determinaciones como estrategias de incorporación de criterios de Adaptación al Planeamiento Urbanístico en la Infraestructura Verde:

- Estrategias de Clasificación de la infraestructura verde en Suelo Rústico
- Estrategias de Clasificación de la infraestructura verde en Suelo Urbano y Urbanizable.
- Estrategias de delimitación de áreas específicas para la Adaptación al Cambio climático en suelo urbano (en las que la Infraestructura Verde desempeña un papel clave en la Adaptación).

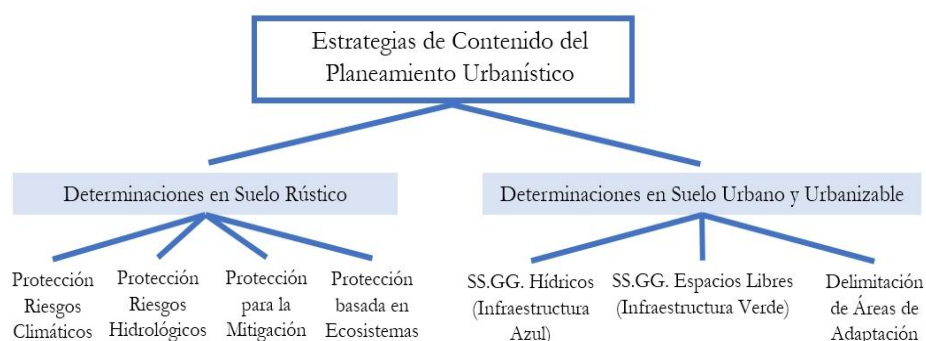


Figura 23. Esquema Resumen de Estrategias de Contenido propuestas

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6 recoge el conjunto de nuevas Determinaciones del Planeamiento Urbanístico que se proponen, en coherencia, los objetivos y las estrategias específicos sobre esta materia detectados en la literatura y experiencia práctica previa.

Tabla 6. Determinaciones urbanísticas propuestas en función de las estrategias de adaptación identificadas en la revisión del estado de la cuestión y el análisis de la experiencia previa

DETERMINACIÓN PROPUESTA	ESTRATEGIA A LA QUE RESPONDE
Suelo Rústico de Protección de Riesgos Climáticos (R-RC)	E14-Clasificación de Infraestructura verde y azul para la adaptación bioclimática
Suelo Rústico de Protección de Riesgos Hidrológicos derivados del Cambio Climático (R-RH)	E15-Clasificación de infraestructura verde y azul como recurso ante inundaciones
Suelo Rústico de Protección para la Mitigación del Cambio Climático (R-MIT)	E16-Clasificación como categoría de infraestructura verde destinadas a sumideros de carbono
Suelo Rústico de Protección para la Adaptación basada en Ecosistemas (R-AbE)	E17-Identificación de ecosistemas urbanos. Incorporación en el planeamiento usos compatibles del sector primario para su conectividad ecosistémica
	E18-Identificación usos del suelo basado en ecosistemas (AbE)
Categoría de Sistemas Generales Hídricos (Infraestructura Azul)	E15-Clasificación de infraestructura verde y azul como recurso ante inundaciones
Categoría de Sistemas Generales de Espacios Libres (Infraestructura Verde)	E21-Identificación de servicios de captación de aguas pluviales mediante la red de espacios libres
	E24-Incorporación de soluciones que cumplan estándares de sostenibilidad y adaptación al CC.
	E26-Garantizar la biodiversidad de los espacios libres urbanos e introducir indicadores de biodiversidad.
Subcategoría Sumidero de Carbono (No se incorpora como Propuesta de Adaptación)	E16-Clasificación como categoría de infraestructura verde aquellas destinadas a sumideros de carbono

Subcategoría de Sistemas Generales de Protección de Riesgos Específicos	E15-Clasificación de infraestructura verde y azul como recurso ante inundaciones
	E19-Designación de usos compatibles con el riesgo
	E14-Clasificación de infraestructura verde y azul para la adaptación bioclimática
Subcategoría de Sistemas Generales como Refugio-Asistencial	E20-Delimitación Unidades de Actuación o Áreas de Renovación Urbana para la adaptación
	E23-Dimensionar y ubicar los Espacios Libres sin exposición al riesgo para que sirvan como áreas de asistencia y refugio en zonas de riesgo
Subcategoría de Sistemas Generales Ecosistémicos	E17-Identificación de ecosistemas urbanos y periurbanos para su conexión Incorporación en el planeamiento usos compatibles del sector primario para su conectividad
	E18-Identificación usos del suelo basado en ecosistemas (AbE)
Delimitación de Áreas de Adaptación Climática	E14-Clasificación de Infraestructura verde y azul para la adaptación bioclimática
	E22-Clasificación de las zonas de riesgo con figuras específicas de adaptación para la renovación o traslado de edificaciones en zonas de riesgo
	E24-Incorporación de soluciones que cumplan estándares mínimos de sostenibilidad y adaptación
	E25-Incorporación de estándares de diseño de espacios públicos con criterios bioclimáticos
	E27-Introducir superficies que garanticen la permeabilidad del espacio

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Determinaciones de Clasificación en Suelo Rústico

Se propone la incorporación de cuatro nuevas categorías en la clasificación de la infraestructura verde que discurre en suelo rústico. De este modo, la clasificación del suelo responde a criterios de adaptación al cambio climático y facilita el empleo de estos suelos como herramientas de adaptación y mitigación. Se trata de suelos con valores para la adaptación a los riesgos derivados incremento de la temperatura e hidrológicos; los útiles para la mitigación como sumideros de carbono; y aquellos que permiten una adaptación basada en ecosistemas.

3.2.2 Suelo Rústico de Protección de Riesgos Climáticos (R-RC)

Un aspecto recurrente en la literatura sobre la definición de clases de suelo no urbano es la necesidad de concretar una protección estructural frente al cambio climático. Dado que el cambio climático incrementa el grado de vulnerabilidad, será prioritario obtener una información exhaustiva sobre los riesgos derivados con el fin de definir las categorías de suelo más coherentes con ello.

Existen antecedentes sobre cambios normativos en esta dirección: Desde 2011 la provincia canadiense de Manitoba²² desarrolló su Reglamento de Planificación con un enfoque centrado en la cuestión climática.

Así mismo, la Ley del Senado Nº 379 de 2015 del Estado de California, en la que se enmienda la legislación urbanística estatal, modifica el articulado existente introduciendo la necesidad de una evaluación de la vulnerabilidad, identificando los riesgos que plantea el cambio climático para la jurisdicción local e incluyendo una evaluación del nivel de afección. Uno de los objetivos es introducir métodos factibles para evitar o minimizar los impactos del cambio climático asociados con los nuevos usos del suelo. Esta evaluación sólo es posible a partir de la introducción de variables de cambio climático.

Es habitual en ciertos Planes de Ordenación Territorial hacer mención a las condiciones de riesgo y a la necesidad de que sean tenidas en cuenta en la clasificación del suelo y programación del planeamiento urbanístico y territorial. Sin embargo, la definición de clases de suelo específicas relacionadas con el cambio climático, salvo en ciertos ejemplos, no han sido aún introducidas en el léxico normativo excepto pocos casos. La aprobación inicial en febrero de 2018 de las Revisión de las Directrices de Ordenación Territorial (DOT) del País Vasco²³ define en su artículo 31.2 (Normas de Aplicación) unas Directrices "Recomendatorias" donde se hace referencia a la necesidad de incluir la adaptación al cambio climático a través de una cartografía temática (aún no desarrollada) de impactos y vulnerabilidad.

3.2.3 Suelo Rústico de Protección de Riesgos Hidrológicos derivados del Cambio Climático (R-RH)

Algunos fenómenos asociados al riesgo climático imponen la necesidad de generar una clasificación específica para identificar las áreas y estrategias requeridas. La erosión hídrica derivada de procesos de inundación, escorrentía o embalsamiento de agua, con el arrastre y abrasión provocados por la velocidad del agua sobre el suelo, provoca modificaciones estructurales del territorio. A la erosión del manto, en forma de surcos o deslizamientos, se añade, entre otros aspectos, la pérdida de su capacidad de infiltración por variación de los estratos o de su estructura interna. De igual forma, en situaciones de déficit hídrico se generan daños en cultivos que conllevan variaciones en el grado de humedad del suelo, aumentando los procesos erosivos y

22 Así se establece en el apartado 4 sobre Planes de Desarrollo: "*Studies to be done as part of development plan: 4(1) In preparing, amending or replacing a development plan, a planning authority must undertake the analysis and surveys of the planning area that are appropriate and necessary, including analysis and surveys of (...) (j) the vulnerabilities of the planning area to climate change.*" (Provincial Planning Regulation, Manitoba, 2011).

23 En las mismas Normas se indica en el artículo 31.7. Incorporar en el planeamiento territorial y urbanístico la perspectiva climática en el siguiente sentido:

- a) El Plan Territorial Sectorial de Protección y Ordenación del Litoral se adecuará identificando en las zonas costeras las medidas de adaptación a los efectos adversos de la elevación del nivel del mar y al oleaje extremo.
- b) El Plan Territorial Sectorial de Ordenación de los Ríos y Arroyos y los Planes Hidrológicos otorgarán el tratamiento adecuado a las zonas sometidas a riesgos de inundación (...)
- c) Se promoverá la permeabilización y vegetación de los espacios públicos, fomentando las infraestructuras verdes y azules y las soluciones basadas en la naturaleza en ámbitos susceptibles de sufrir inundaciones y estrés térmico, y en particular el efecto isla de calor.

de deslizamientos de tierras. También, asociado a modificaciones climáticas, son de esperar desprendimientos y arrastres del suelo resultado de una erosión eólica, contemplada en raras ocasiones. Así mismo, en las franjas costeras, los procesos erosivos derivados del incremento del nivel del mar requieren también de su integración como figuras específicas en la normativa.

En términos generales, los documentos normativos de planificación territorial contemplan la clasificación de suelo rústico de protección hidrológica para la protección de las cuencas, evitar los procesos erosivos e incrementar y racionalizar el uso de los recursos hídricos, tanto en el suelo como en el subsuelo. Sin embargo, la variación esperada en el régimen de precipitaciones ocasionada por el cambio climático modifica las superficies y ámbitos de protección establecidos por las normativas actuales²⁴.

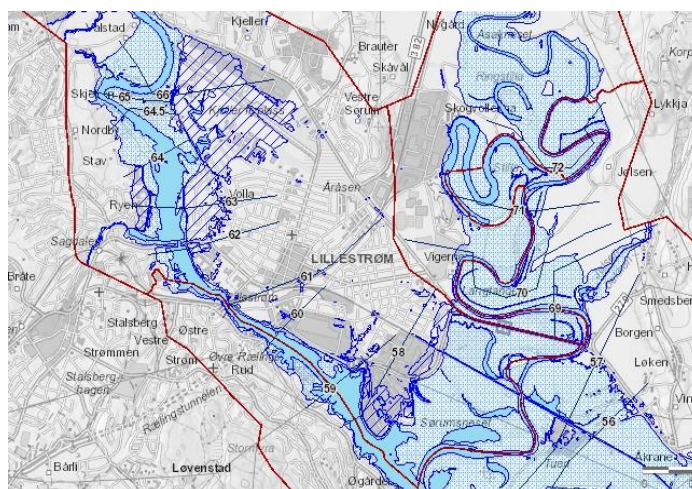


Figura 24. Áreas de Inundación de Lillestrøm ante el cambio climático (metodología NVE).
Fuente: NVE (<https://temakart.nve.no/link/?link=flomsone>)

En el caso de la Dirección de Recursos Hídricos y Energía de Noruega (NVE)²⁵, se detectó el cambio en el flujo de agua de las cuencas hidrográficas de Glomma, Øyeren, Vormå, Nitelva y Leira como resultado del cambio climático. El resultado se basa en impactos climáticos y modelos de precipitación observando, entre otros, la reducción de los caudales en el río Glomma y el aumento en los ríos Nitelva y Leira, con afección directa a la localidad ribereña de Lillestrøm. Este ejemplo muestra de forma muy gráfica y evidente la necesidad de una revisión de las categorías de suelo de protección hidráulica debido a las variaciones de cobertura superficial de las láminas de agua.

²⁴ Así, entre otros, los municipios costeros del estado de Nueva York, como Port Jefferson, y en línea con leyes estatales de conservación ambiental, crean normativas para su territorio bajo la categoría de Área de Control de Riesgo de Erosión, cartografiando un área de peligro de erosión costera que limita la posibilidad de edificar en esta clase de suelo.

²⁵ Norges vassdrags- og energidirektorat. Véase el informe sobre la zona de inundación de Glomma, Øyeren, Nitelva, Leira y Vormå en: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_83.pdf

Pero uno de los aspectos más relevantes a la hora de contemplar la protección hidrológica frente al cambio climático es la oportunidad de reordenar el territorio en función de la capacidad de captación hídrica de los suelos, en un escenario de precipitaciones discontinuas con periodos cada vez más largos de sequías pronunciadas. Entre estas estrategias se encuentra la protección de proteger sectores del territorio aptos para la conducción y almacenamiento de aguas pluviales, de forma que puedan contribuir a satisfacer las necesidades hídricas de otras áreas con dificultades de almacenamiento.

Un ejemplo extremo de este cambio de concepto ha sido la transformación realizada en la gestión de los recursos hídricos de Singapur, territorio que ha experimentado en poco tiempo un incremento notable de la pluviometría.

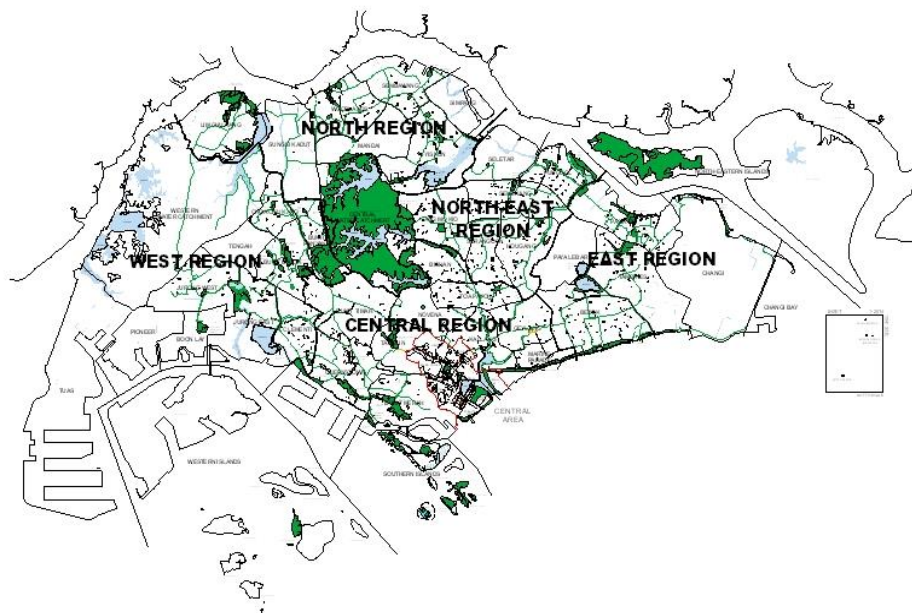


Figura 25. Estructura verde e hídrica de Singapur

Fuente: <https://www.ura.gov.sg/maps2/?service=PWB>

Los déficits de suministro de calidad de agua de abasto en el área metropolitana de Singapur sólo podían ser compensados con una planificación adecuada de la estructura hidrológica existente. A partir de 2006 se ha desarrollado el *Active, Beautiful, Clean Waters Programme*²⁶, con el que la ciudad-estado ha reordenado 8000 km de cursos de agua y creado 17 embalses. La planificación territorial de estas novedades se basa en la identificación del uso del suelo en tres tipos: **fuentes** (generadoras de escorrentía); **áreas de recorrido** (con capacidad de drenaje o canalización); o **áreas receptoras** (aquellas que pueden verse afectadas por inundaciones).

La organización del sistema de planificación de Singapur ha permitido identificar los cuerpos de agua estructurantes de la red hidrológica y definir las zonas en el

²⁶ Para una mayor información se puede acceder a la siguiente dirección web de la Public Utilities Board de Singapur: <https://www.pub.gov.sg/Documents/ManagingStormwater.pdf>

territorio específicas para la absorción del agua de lluvia. De esta manera, el planeamiento territorial identifica las áreas de captación de aguas, entre las que se incluyen los parques y áreas inundables. Así pues, al enfoque de control y gestión de riesgos que se ha dado habitualmente a las categorías de suelo de protección hidrológica, se añade la consideración y aplicación de un rol estratégico en el sistema de provisión de recursos hídricos para el futuro.

3.2.4 Suelo Rústico de Protección para la Mitigación del Cambio Climático (R-MIT)

El suelo, como recurso adaptativo y de mitigación, tiene capacidad para contribuir positivamente como sumidero de carbono. Así ha quedado de manifiesto en las investigaciones más recientes a partir de datos satelitales, donde se ha cartografiado el planeta²⁷ observando las áreas con mayor capacidad para la absorción de CO₂. El suelo es una pieza más del complejo engranaje del sistema climático, si bien no todas las regiones tienen el mismo potencial como sumidero de carbono. El incremento de las temperaturas puede hacer que la vegetación crezca en algunas regiones mientras que en otras puede producirse un fenómeno inverso, y con la pérdida de vegetación y la descomposición de la materia orgánica se potencia la pérdida del dióxido de carbono.

La propuesta de desarrollar una planificación que cuente con la capacidad de absorción del suelo como sumidero de carbono es necesaria. Asignar usos específicos sobre este aspecto en las clasificaciones de suelo garantiza el cumplimiento de los objetivos de reducción en el cómputo global de emisiones del territorio (por tanto, suma a la capacidad adaptativa la mitigadora). En este sentido se han realizado aproximaciones en el caso del reciente documento base del Plan Regional de Ordenación Territorial (PROT) de Cantabria, donde se recoge la importancia que tiene la amplia superficie forestal y de pastos como sumidero de carbono (Gobierno de Cantabria, 2016, p. 100).

²⁷ Se ha observado que las regiones situadas próximas al círculo polar ártico, así como Indonesia y Argentina concentran la mayor cantidad de toneladas de carbono (60%) que, con una mala gestión, puede ser liberado a la atmósfera. Esto significa que se deben implementar medidas para proteger estos suelos naturales ricos en carbono con una adecuada planificación y protección. <http://54.229.242.119/apps/GSOCmap.html>

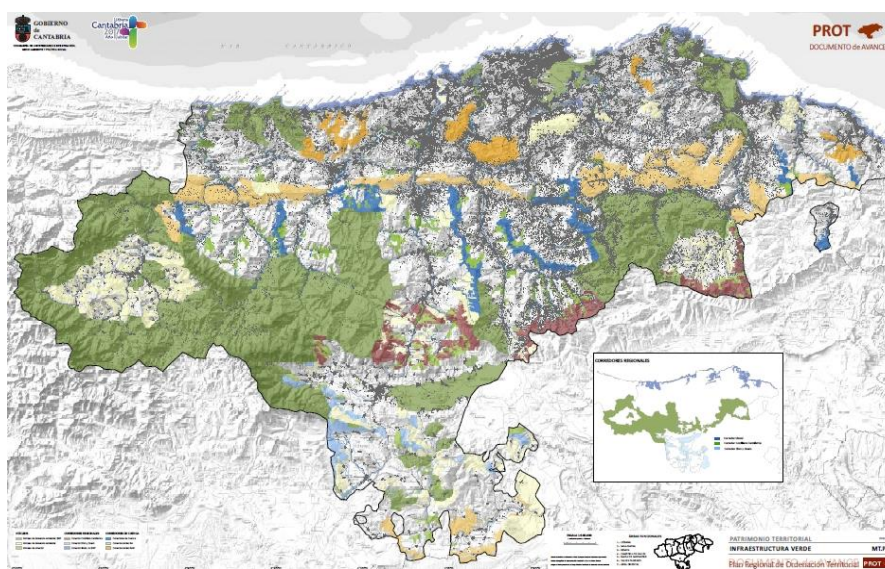


Figura 26. Infraestructura Verde (posible potencial como sumidero)

Fuente: Documento de Avance. Plan Regional de Ordenación Territorial, Cantabria.

Si bien el documento de Avance del PROT establece entre sus determinaciones un capítulo específico dedicado al cambio climático, en el que se hace mención expresa a la importancia que tienen los servicios ecosistémicos como recursos para la adaptación al cambio climático (Gobierno de Cantabria, 2017, pp. 60-61), queda por desarrollar una cartografía ajustada a dicho criterio. Es indispensable que el marco normativo incluya aspectos específicos del cambio climático en sus determinaciones, como ya se apunta en algunos documentos, que dejan notar un amplio conocimiento del problema y un intento por modificar dinámicas de planificación tradicionales.

3.2.5 Suelo Rústico de Protección para la Adaptación basada en Ecosistemas (R-AbE)

En la definición de las clases de suelo de protección, la identificación de los recursos ecosistémicos es esencial para una adecuada adaptación del territorio al cambio climático compatible con el sector primario. Junto a la infraestructura verde y azul existente, la identificación de corredores ecológicos se hace imperativa, no sólo por la protección de la biodiversidad, sino por ser elementos estructurantes de la conectividad ecosistémica.

Es necesario, por tanto, identificar y cartografiar los ecosistemas territoriales y periurbanos para su conexión con las zonas verdes urbanas, constituyendo ésta una estrategia prioritaria en las experiencias previas. Este tipo de experiencias han sido revisadas en otros documentos normativos, como en el caso de Lisboa – que cuenta con un Plano Director Municipal (2012) y la “Estructura Ecológica Municipal (EEM)”, así como la Estrategia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Lisboa (ESMAAC) del año 2017- o, en el caso español, con las recientemente aprobadas DOT del País Vasco (2018), entre otros.

3.2.6 Determinaciones en Suelo Urbano y Urbanizable: Sistemas Generales

Los efectos del cambio climático son especialmente significativos en los entornos urbanizados, debido a la gran cantidad de población a la que afecta. Los eventos de inundaciones repentinas por fuertes escorrentías superficiales, las islas de calor urbano por la combinación de la elevación de las temperaturas máximas y el enrarecido microclima de la ciudad, así como los efectos demoledores del retroceso de la línea de costa en las zonas urbanas, son los principales tipos de eventos debidos al cambio climático. Para resolverlos, se requiere incorporar en la clasificación del suelo categorías adecuadas a su capacidad de respuesta y adaptación al cambio climático.

Por ello, se propone la incorporación de figuras de clasificación de los sistemas generales distinguiendo entre infraestructura azul (sistemas generales hídricos) y verde (sistemas generales de espacios libres, siguiendo la definición ya recogida anteriormente). Además, se propone la inclusión de categorías específicas dentro de ésta última, distinguiendo dentro del sistema de espacios libres aquellos suelos que, por su utilidad, merecen ser categorizados como suelos para la adaptación o mitigación en función de si tienen cualidades como refugio, están expuestos a riesgos o tienen un valor ecosistémico.

3.2.7 Creación de la Categoría de Sistemas Generales Hídricos (Infraestructura Azul)

Retomamos aquí la importancia que tiene el control de la estructura hídrica municipal desde el punto de vista de la captación de agua para dar respuesta al incremento de temperaturas prevista por efecto del cambio climático. Ligados a la red de espacios libres, algunos suelos deben categorizarse de forma específica por su componente hidrológica relacionada con este efecto específico. Es previsible que la red de espacios libres requiera un incremento de la demanda hídrica para ciertos periodos de tiempo, mientras que en otros lugares el exceso pluviométrico contabilizado en las últimas décadas, como el caso referido de Singapur, también requiere de la consideración de esta categoría de suelos.

Otros ejemplos, como el de la ciudad de *Bishan Park* (Singapur) o los humedales de Salburúa (Vitoria), ya descritos anteriormente, desarrollan eficaces modos de gestionar el suelo urbano mediante la protección de sus recursos hídricos.

3.2.8 Creación de la Categoría de Sistemas Generales de Espacios Libres (Infraestructura Verde)

El planteamiento de esta categoría de suelo recupera los valores intrínsecos que tienen en la planificación urbanística las infraestructuras verde y azul, añadiendo una nueva característica: la consideración de sus cualidades ambientales frente a las modificaciones del clima futuro. De modo que, en la planificación y sectorización del sistema generales de espacios libres, las variaciones climáticas quedan consideradas.

La definición de estos sistemas generales debe ajustarse a las determinaciones que el planeamiento establezca en cuanto a los estándares superficiales, así como a

los requisitos de ubicación de los mismos. Sin duda, esta categoría de suelo, vinculada a los ámbitos previamente urbanizados y con desarrollos previstos, debe ser compatible y directamente conectada con el Sistema General Ecosistémico.

El caso ya descrito del anillo verde de la ciudad de Vitoria, que ha cumplido recientemente 25 años, ejemplifica bien el uso de este recurso como eje estructurante, y ha sido tomado como referencia en muchas ciudades de todo el mundo. Desde el punto de vista urbanístico, el Plan General planteó una estructura de servicios dotacionales de espacios libres que contara parques periurbanos de alto valor ecológico y paisajístico con corredores conectado al sistema de parques urbanos.

Se propone la subdivisión de este tipo de suelo en categorías específicas, en función de su relación con las necesidades de adaptación al cambio climático. Además de su innegable valor mitigador del cambio climático como sumidero de carbono, la Infraestructura Verde desarrolla un papel estratégico en la adaptación al cambio climático por sus diversas cualidades, que van desde la adaptación a los riesgos específicos (isla de calor, inundaciones, subida del nivel del mar), hasta su puesta en valor como servicios ecosistémicos, o como áreas de refugio en eventos extremos. Por lo tanto, las categorías de suelos deben corresponderse con estas diferentes vocaciones:

- Como de Protección frente a Riesgos Específicos (SGEL-R)
- Como Refugio (SGEL-REF)
- Basado en Ecosistemas (SGEL-REC).

3.2.8.1 Subcategoría de Sistemas Generales de Protección a Riesgos Específicos (Isla de Calor, Inundación y Subida del Nivel del Mar)

Las modificaciones normativas asociadas a riesgos requieren de un paso previo: la identificación de los tipos de suelos que serán objeto de dicho cambio. En este sentido, son muchos los municipios amenazados que, en los últimos años, intentan hacer un esfuerzo por disminuir la vulnerabilidad de sus asentamientos. El planeamiento municipal ha establecido hasta la fecha, de forma general, la limitación de uso de las zonas de riesgo por deslizamientos o por ser inundables, pero la diversidad de zonas de riesgo aumenta al introducir la variabilidad climática. Algunos aspectos importantes relacionados con el cambio climático, como la isla de calor urbano, no se han identificado como tales aún entre las áreas de riesgo en las normativas existentes.



Figura 27. Transformación urbana con pavimentación fría en Los Ángeles (7010 Jordan Av.)
Fuente: Los Angeles Street Services (mayo, 2017).



Figura 28. Las dos clases de asfalto Jordan Av. en la actualidad
Fuente: Elaboración propia (septiembre, 2018).

Con relación al riesgo derivado de la Isla de Calor, la identificación de las áreas que específicamente lidian con esta amenaza permite desarrollar en dichas zonas estrategias específicas. Por ejemplo, en Los Ángeles se ha probado el uso de un pavimento especial que permite luchar contra el calor del centro de la ciudad. Se trata del uso de una pintura técnica denominada “CoolSeal”, que rebaja hasta en 10 grados Fahrenheit (3 °C) la temperatura del distrito. Se trata de una estrategia de diseño urbano específica que ejemplifica la necesidad de incorporar determinaciones de diseño urbano relacionadas con la adaptación desde el propio planeamiento.

Respecto a los riesgos derivados de inundaciones o subida del nivel del mar, los cálculos de inundación se ajustan a variables de la climatología detectada para periodos de retorno no siempre adecuados para garantizar la casuística del cambio climático. Las zonas de desarrollo situadas en áreas inundables deben modificar sus usos pormenorizados para hacerlos compatibles con la nueva situación climática. En estos casos, es necesario plantearse la reubicación de usos y actividades no compatibles con la obligada transferencia de aprovechamientos urbanísticos adquiridos (*Transfer Development Rights*).

Ejemplos de esta situación se observan ya en varias ciudades amenazadas por el cambio climático. Uno de los casos especialmente significativos como en el distrito de *Mountauk*, en el municipio de *East Hampton*, Nueva York. Los daños sufridos en la franja costera del término municipal durante el Huracán Sandy han provocado la reorganización espacial de los sectores amenazados con estrategias de reubicación y reasignación de usos del suelo, en especial, en el área central de la ciudad, amenazada por el incremento del nivel del mar. La estrategia seguida por el municipio se fundamenta en tres fases:

La primera, se centra en la reubicación de usos existentes en planta baja expuestos a la subida del nivel del mar, especialmente en el sector occidental, entre la laguna (*Fort Pond*) y el océano. Se localizan también las parcelas que pueden asumir mayor densidad edificatoria para uso residencial con el objeto de trasladar unidades de aprovechamiento.



Figura 29. Situación existente en el núcleo de Montauk

Fuente: Town of East Hampton, 2018, p. 39.

La segunda fase de desarrollo incentivaría la reubicación de hoteles y resorts desde el océano hacia el interior, lo que mejoraría la resiliencia de estas empresas ante las tormentas. Como contrapartida, el atractivo turístico de “vistas al mar” y la cercanía a la primera línea de playa quedaría en un segundo plano. La zonificación de los complejos turísticos existentes ha sido lo suficientemente restrictiva como para que se haya producido poco o ningún desarrollo en el frente oceánico durante las últimas décadas.



Figura 30. Fase 1 del Master Plan con la relocalización de usos

Fuente: Town of East Hampton, 2018, p. 40.



Figura 31. Fase 2 del Master Plan con la recuperación natural de la línea de costa
Fuente: Town of East Hampton, 2018, p. 41.

El Máster Plan propone que los complejos hoteleros adquieran y transfieran unidades de aprovechamiento desde la primera línea de playa a la segunda fila de manzanas. Esta transferencia de aprovechamientos estaría supeditada a la incorporación de estrategias de resiliencia en los diseños de nuevos hoteles como, por ejemplo, la organización diáfana como zona inundable de la planta baja para el estacionamiento. Las parcelas originales liberadas de la edificación quedarían disponibles para su renaturalización a través de la siembra de herbáceas y el cercado de arena para la estabilización de complejo dunar.

Si el incremento del nivel del mar continuara amenazando la línea costera se iniciaría una tercera fase que obligaría a la reubicación de los complejos hoteleros del frente marítimo hacia el interior del núcleo consolidado y a incorporar otras estrategias de adaptación basadas en ecosistemas, como la generación de un sector dunar al sureste que, mediante las corrientes naturales, podría ir reponiendo la arena necesaria para evitar el avance del océano.

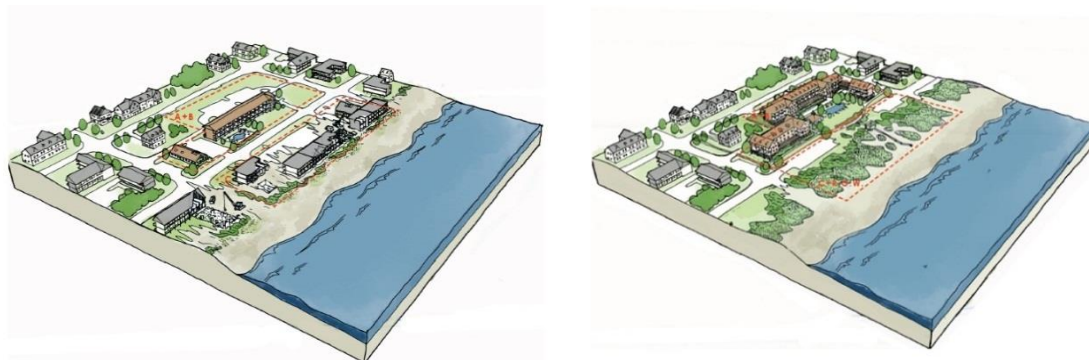


Figura 32. Montauk, situación comparada entre inacción y transferencias de aprovechamiento
Fuente: Adaptado de Town of East Hampton, 2018, p. 44-45.

La imagen de la izquierda pone de manifiesto la necesidad de realizar los cambios normativos con el objeto de impedir la pérdida de bienes materiales. La inevitable reordenación de usos del suelo en Montauk pasa por sistematizar los procesos de transferencia de unidades de aprovechamiento dentro de un marco normativo consciente del complejo problema del cambio climático, y son un referente a tener en cuenta para su aplicación en otros sistemas regulatorios.

3.2.8.2 Subcategoría de Sistemas Generales como Refugio-Asistencial

Tal y como se identifica entre los objetivos detectados en el análisis de la experiencia previa, los estudios analizados advierten de la necesidad de facilitar lugares de protección y refugio a la población afectada por eventos climáticos extremos. Aunque a nivel general esto significa contar con infraestructuras disponibles para refugio y asistencia, en este caso se limita a la contribución de la infraestructura verde como recurso de refugio o logístico frente al cambio climático. La estrategia por tanto deberá dimensionar y ubicar espacios libres, que no se encuentren expuestos al riesgo, y que permitan el despliegue de los servicios asistenciales.

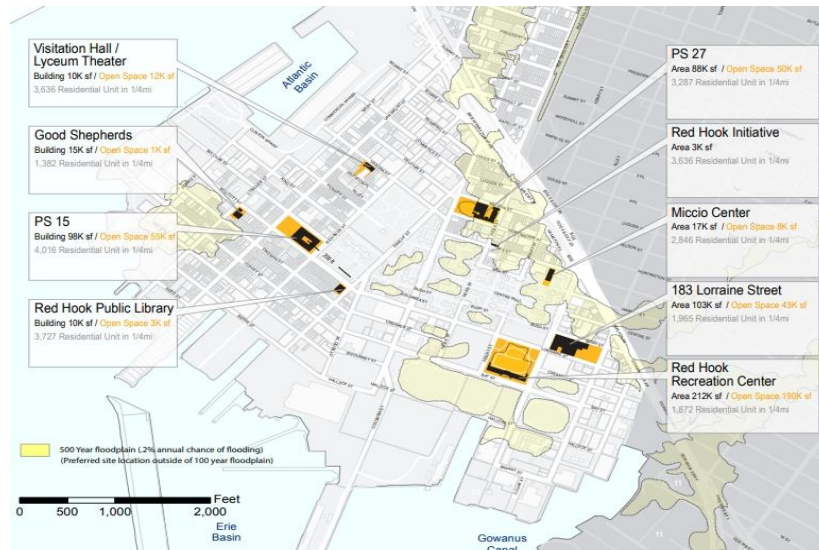


Figura 33. Estructura de Centros Asistenciales y de Refugio en Red Hook.

Fuente: NYS, 2014, p. 89.

Este concepto queda también recogido en diferentes documentos técnicos, como el sistema de evaluación *Living Community Challenge* (LCC, 2017), donde se identifica la resiliencia de un área (*Resilient Community Connections*), con la existencia en ella de lugares para el refugio en caso de eventos extremos relacionados con el cambio climático. El patrón de referencia empleado para medir el grado de resiliencia exige que la totalidad de los residentes tengan la posibilidad de agruparse en un lugar seco, cubierto y seguro, localizado fuera del ámbito inundable.

En línea con este criterio otros documentos establecen además como criterio general el incorporar la infraestructura verde como complemento a los equipamientos específicos destinados a refugio y asistencia. Por ejemplo, el Estado de Nueva York,

después del Huracán Sandy desarrolló el documento *Red Hook NY Rising Community Reconstruction Plan* (NYS, 2014) con el que se estableció una estrategia programada para en caso de un evento similar contar con una red de equipamientos y espacios libres destinado a servicios asistenciales.

3.2.8.3 Subcategoría de Sistemas Generales Ecosistémicos

La planificación urbanística contempla la provisión de sistemas generales de servicios para el conjunto de la ciudad. El alto valor que tienen los servicios ecosistémicos como estrategia adaptativa supera la clásica configuración de una red de infraestructura verde. La conexión de esta clase de suelo con la del suelo rústico de Protección Estructural frente al Cambio Climático, identificado para la ordenación territorial, es estratégica para la reducción de los riesgos asociados a la variabilidad del clima.

Así pues, la identificación de la estructura de los servicios ecosistémicos, tanto urbanos como periurbanos asociados a las zonas de riesgo, incrementa la resiliencia de la ciudad. Los beneficios son claros: mejor control de las temperaturas urbanas, purificación del aire y del agua, así como mayor control de las escorrentías. El valor estratégico de esta clase de suelo va más allá de la delimitación física del espacio libre, puesto que sirve de complemento a éste y va dirigido a la atenuación de los efectos del cambio climático. Dentro de las áreas urbanas y periurbanas, los sectores montañosos, las cuencas hidrográficas, las zonas costeras, o las áreas susceptibles de erosión son ecosistemas frágiles que deben ser contemplados de forma pormenorizada en la normativa. Los cursos de agua o los reservorios de agua dulce son también sistemas que garantizan la correcta funcionalidad urbana, bien como áreas de infiltración y captación, bien como áreas de depuración. Un ejemplo clásico de este planteamiento es la incorporación de figuras de protección en áreas de recuperación dunar para frentes costeros.

En la misma línea de lo planteado en la ordenación territorial, existen sectores del suelo urbano y urbanizable óptimos para su catalogación como ecosistemas activos para la adaptación urbana. El parque de Salburúa en Vitoria vuelve a ser un antecedente. A la hora de designar usos específicos a las clases de suelo, se debe contar con esta opción determinante en la capacidad de adaptación de las ciudades. La introducción de especies animales que complementen las actividades antrópicas en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos se ha empleado con éxito ya en numerosas ciudades. El caso de Roma es uno de los más recientes con la introducción de animales de pastoreo en el Parque de la Cafarella, de unos 20 km², al sureste de la ciudad. Si bien los motivos no están relacionados con el cambio climático, sino que responde a cuestiones meramente económicas, los animales de pastoreo son realmente una oportunidad y una elección ecológica innovadora en uno de los municipios urbano-agrícola más grandes de Europa.

La asignación de categorías de usos basados en los ecosistemas muestra una nueva capacidad adaptativa del suelo urbano, de lo que hasta ahora quedaba en manos de la gestión y acción exclusivamente antrópica, para pasar a ser recogido en visiones integrales de gran aprovechamiento.

3.2.9 Delimitación de ÁREAS de ADAPTACIÓN (AA) por su contribución a la adaptación al cambio climático

Un tercer grupo de determinaciones tiene relación con la capacidad del planeamiento para identificar áreas de especial interés, con el fin de tratarlas de forma específica. De forma análoga a lo recogido en el sistema de planeamiento español en los Planes Especiales de Reforma Interior en Áreas Específicas, que en función de la legislación autonómica correspondiente reciben distintas denominaciones, se propone una figura de delimitación de suelo específico fundamentada en su especial relación con el cambio climático. En este sentido, se propone la incorporación de nuevas categorías de Suelo Urbano denominadas Áreas de Adaptación al Cambio Climático (AA), en las cuales las infraestructuras verdes juegan un papel fundamental en la estrategia de adaptación.

Un antecedente cercano en el tiempo de este tipo de estrategias puede encontrarse en el estado de Florida, EE. UU. En el año 2015, este Estado fuertemente amenazado por los factores climáticos, desarrolló el proyecto de Ley del Senado 1094, titulado "*Peril of Flood*" (Peligro de Inundación). Esta Ley incorpora la obligación de incluir la identificación de las áreas costeras, así como elementos específicos de Gestión Costera en los Planes Generales de los municipios, con regulaciones específicas relacionadas con la mitigación y reducción de riesgos de inundación en áreas costeras. Anteriormente, en 2011, este Estado había aprobado la *Ley de Planificación Comunitaria (Community Planning Act)*, que permite a los municipios planificar los riesgos y posibles impactos debidos al aumento del nivel del mar dentro de sus planes generales.

Esta regulación proporcionó a los gobiernos locales la opción de designar una nueva herramienta de gestión urbana, las Áreas de Acción para la Adaptación (AAA). La designación de estas áreas se limita a aquellas zonas que experimentan inundaciones costeras y que son vulnerables a los impactos relacionados con el aumento del nivel del mar, y tiene por objetivo priorizar la financiación de este tipo de infraestructuras útiles en la planificación de la adaptación.

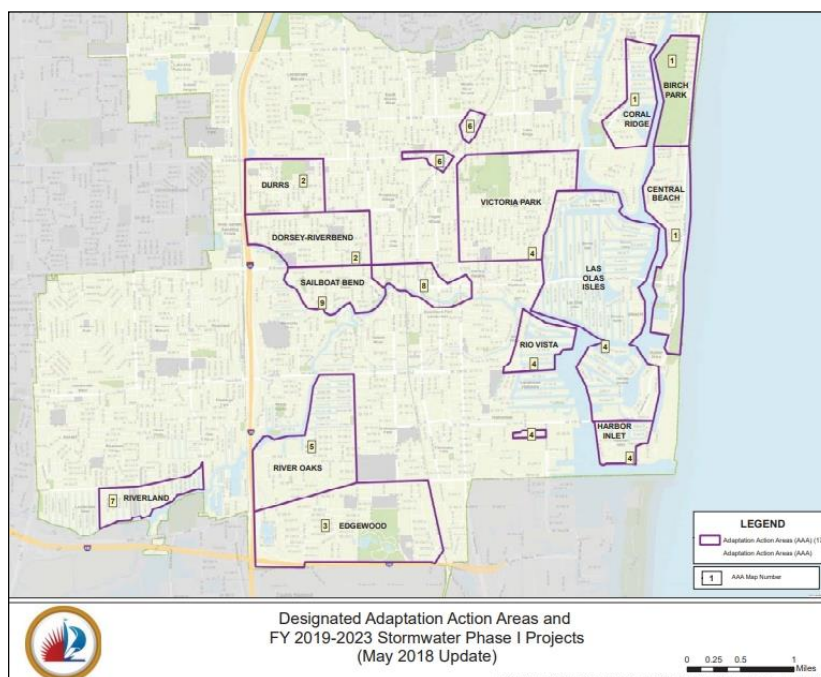


Figura 34. Identificación de Áreas de Adaptación frente a inundaciones en Fort Lauderdale, Florida.
Fuente: Fort Lauderdale, 2018 (Proposed Community Investment Plan, p. 412)

Estos ámbitos de regulación normativa son el marco idóneo para el desarrollo de proyectos de adaptación específicos. Así, por ejemplo, se ha desarrollado recientemente el proyecto de reordenación de área central de Fort Lauderdale, *Las Olas Corridor Improvements*, a lo largo de *Las Olas Boulevard* frente al océano Atlántico. Se trata de un emblemático proyecto de transformación resiliente fundamentado en la elevación de la cota superficial del ámbito de actuación y el incremento de las superficies ajardinadas con esquema de flexibilidad de uso en los mismos. La oportunidad ofrecida por la delimitación como Área de Acción para la Adaptación (*Central Beach*) ha facilitado la gestión del proyecto al considerarse como de carácter prioritario frente a las inundaciones.

El proyecto transforma dos extensas superficies dedicadas a aparcamientos, una junto a la playa y otra en el canal interior, en zonas verdes polivalentes, lo que incrementa notablemente la superficie permeable del ámbito. Las plazas de aparcamiento perdidas se concentran en un único edificio que da servicios a los usuarios de la playa. Con ello, por un lado, se mejora la calidad espacial de este sector de ciudad y, por otro, se incrementan las condiciones de seguridad frente a la subida del nivel del mar.



Figura 35. Fases 1, 2 y 3 de desarrollo del Sector Oeste de "Las Olas Corridor Improvements"
 Fuente: Adaptado de City of Fort Lauderdale, EDSA, Inc. & Kimley-Horn (2017).

El proyecto de renovación urbana plantea una visión a largo plazo que abarca desde la propuesta aprobada actualmente por la corporación municipal (Fase 1), hasta una fase intermedia en la que el edificio de aparcamiento podría liberar una mayor cantidad de superficie destinada a aparcamiento, y finalmente, recuperar zona inundable para el canal interior con una nueva marina que garantice aún más el control de las inundaciones en la última fase (Fase 3). Pero independientemente de la solución formal de este proyecto, lo relevante del mismo es la modificación de la normativa a la necesidad de adaptación frente a un problema real. Se ha producido una adecuación normativa, incorporando estas áreas de renovación urbana afectadas por la subida del nivel del mar dentro de los planes generales de ordenación urbana como efecto directo del cambio climático.

Siguiendo los antecedentes de Florida, y considerando los hallazgos de la literatura arriba expuestos, se propone la incorporación en el planeamiento de una delimitación de áreas de transformación urbana en función de su capacidad adaptativa ante la exposición a los diferentes riesgos y como estrategia de adaptación frente a los impactos. Junto a la incorporación de suelo específico con categoría de Sistema Local Hídrico y de Sistema Local de Espacios Libres y Zonas Verdes, se ha identificado al menos los siguientes tipos de áreas que resultarían necesarias en función de sus capacidades ADAPTATIVAS para gestionar los diferentes impactos:

- Áreas de Adaptación Climática por Riesgos Globales del Cambio Climático (CA-RG)
- Área de Adaptación Climática por Isla de Calor (CA-RIC)
- Área de Adaptación Climática por Inundaciones (CA-RIN)
- Área de Adaptación Climática por Subida del Nivel del Mar (CA-RSM)
- Área de Adaptación Climática como Refugio Asistencial (CA-REF)
- Área de Adaptación Climática basado en Ecosistemas (CA-REC).

Con la identificación en el planeamiento urbanístico de áreas especialmente sensibles, o útiles, para afrontar el cambio climático, se podrán definir los requisitos de planificación y ordenación que respondan a la especificidad del problema climático. Se trata de categorías referidas exclusivamente a la adaptación, pero, si bien escapa al objetivo de esta investigación, también deben identificarse otras áreas que específicamente contribuyan a la mitigación del cambio climático (especialmente aquellas con altas capacidades como sumideros de carbono). La existencia de áreas específicas, identificadas por sus cualidades para la adaptación, implica además que se introducirán en el proceso los suficientes mecanismos como para identificar el riesgo, los posibles impactos y las alternativas de adaptación.

Uno de los requisitos fundamentales para llevar a cabo, tanto el proceso de análisis como el propositivo, y el posterior de seguimiento, es la existencia de un marco de indicadores objetivos, que permita caracterizar los principales rasgos de su capacidad adaptativa. En este sentido, el apartado 4 revisa el rol de los indicadores en la experiencia previa, para hacer una propuesta de seguimiento que permita medir la

capacidad de adaptación de cualquier proyecto de renovación urbana o de desarrollo, evaluando los aspectos que definen una eficiente estrategia de adaptación (ver tesis completa).

4 EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA. PROPUESTA DE UN MARCO DE INDICADORES

4.1 El rol de los indicadores en el planeamiento

Tal y como se apunta en el número anterior, una de las principales estrategias a incorporar para la consecución de estrategias de adaptación en el planeamiento, es la creación de técnicas de seguimiento objetivas (indicadores). Su propósito es incentivar, orientar y evaluar las mejoras adaptativas introducidas, así como avanzar en la definición de estándares mínimos normativos.

Los indicadores pueden ser aplicados no sólo en la fase post-proyecto, sino también en la fase de análisis y en la creación de escenarios alternativos para tomar decisiones. Ambos elementos están directamente relacionados: los indicadores son necesarios para reproducir pautas, construir escenarios y, sobre todo, valorar las distintas alternativas. Pero también son una herramienta de gran utilidad para el seguimiento y evaluación de los objetivos propuestos.

En la evolución del paradigma, ya asentado de la sostenibilidad urbana, se han identificado numerosos indicadores y parámetros que garantizan la calidad ambiental en el entorno urbano. Las certificaciones ambientales como CASBEE, BREEAM o LEED son ejemplos internacionales de ello, pero también lo es la Certificación del Urbanismo Ecológico española (Gobierno de España, 2012). Si bien los indicadores específicos de adaptación están menos desarrollados que los de sostenibilidad, su incorporación en la planificación urbana comienza a llevarse a cabo, de forma tímida pero progresiva, en diferentes regiones y contextos.

Al otro lado del Atlántico observamos cierta experiencia en las tareas de incorporación de los indicadores a las reglas urbanísticas del planeamiento municipal: en el caso de los Estados Unidos, los parámetros de sostenibilidad no se han introducido de forma directa en las estrategias de adaptación, aunque sí los de riesgo, vinculados muchas veces a aseguradoras. Esta incorporación comienza a darse en Canadá, donde el caso de Toronto muestra una magnífica integración de indicadores de sostenibilidad y cambio climático en la legislación urbana, útiles para la regulación de la adaptación, especialmente en lo relativo a la isla de calor (City of Toronto, 2017). Su contenido y metodología se analiza en el siguiente epígrafe.

En la metodología llevada a cabo en los estudios del Banco Inter-Americano de Desarrollo (BID) dentro de su Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles, para afrontar el mencionado objetivo de adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe, el BID desarrolla fundamentalmente dos instrumentos: los escenarios urbanísticos alternativos y una "batería de indicadores". Esta segunda estrategia, basada en más de 200 indicadores, se apoya en una utilización de los indicadores en tres tareas: como una herramienta para analizar y comprender la situación actual o

pasada de las ciudades en los diferentes ámbitos (social, económico, ambiental, urbanístico...); para la objetivación de cualidades urbanísticas, lo que permite modelizar situaciones y construir escenarios alternativos en la fase de propuesta (la toma de decisión de un futuro u otro se basa en la elección de uno u otro escenario, que tienen uno u otro parámetro); y, por último, los indicadores son empleados para el seguimiento, con el fin de comprobar el grado de “cumplimiento” o acercamiento de un determinado aspecto al estándar óptimo o deseable. Estos tres vértices, estas tres utilidades de los indicadores, son algunas de las características que hacen que desempeñen, también en otras iniciativas relacionadas con cambio climático o con sostenibilidad, un rol de gran importancia en todo el proceso.

El rol de incentivación de los indicadores es clave como ayuda de la estrategia adaptativa. El hecho de poder medir de forma objetiva valores aparentemente no cuantificables, relacionados con capacidades, como lo es la capacidad adaptativa, permite tomar decisiones, y hacer partícipes de ellas a diferentes agentes que, con indicadores objetivos en la mano, pueden optar por distintas soluciones.

Por último, cabe destacar sobre el rol de los indicadores, que el seguimiento no sólo es un valor deseable para ayudar a alcanzar determinados objetivos, además, es necesario. Es preciso contar con una herramienta que permita “seguir” y “medir” la evolución de los procesos, cambiantes e impredecibles en el caso de los relacionados con el cambio climático. Esta herramienta es la que permitirá conocer las nuevas situaciones y adaptarse de forma ágil a la incertidumbre, esencia del fenómeno del cambio climático.

La idea de la necesidad de vincular la propuesta de estrategias a unos indicadores que permitan su seguimiento es recurrente en la experiencia española en relación con el Cambio Climático. Esta necesidad de indicadores es destacada en los principales documentos españoles que relacionan planeamiento con Cambio Climático (RECC, 2008; FEMP, 2015). No sólo destacan su importancia, sino que incorporan un sistema de indicadores de seguimiento al documento propositivo.

Así, en la Estrategia Local de Cambio Climático (RECC, 2008) propone un “Sistema de Indicadores de Diagnóstico y Seguimiento del Cambio Climático” que permita evaluar los avances obtenidos en la aplicación de cada uno de los planes. La Estrategia Local de Cambio Climático (RECC, 2008) llega incluso a proponer un incipiente seguimiento de las estrategias locales relacionadas con el cambio climático a través de algunos indicadores relacionados con el uso sostenible del suelo²⁸.

En este mismo sentido, el documento de 2008 representa un referente y una innovación metodológica no sólo por su aporte del avance conceptual, la recopilación de información y buenas prácticas, sino también por la propuesta que hace de seguimiento a través de indicadores (que serán mantenidos y ampliados años más tarde por el documento de la FEMP, 2015). En este último, el documento más reciente publicado sobre la temática en España (FEMP, 2015) se destaca, no solo la necesidad de incorporar cambios en las determinaciones urbanísticas posibles en nuestro

²⁸ Indicador Común Europeo de carácter voluntario definido por el Grupo de Expertos de Medio Ambiente Urbano. Correspondencia con el indicador B9.

sistema legal, sino que también hace una propuesta de seguimiento a través de indicadores y estándares de referencia.

También en el papel de incentivo, las certificaciones o los rankings juegan un papel clave. Se basan también en indicadores y en parámetros de referencia. Por todo ello es fundamental el avance en los indicadores que permiten caracterizar la capacidad adaptativa. Para hacerlo se afronta, primero, el análisis detallado del avance en el estado de la cuestión sobre criterios y parámetros de referencia relacionados con la capacidad adaptativa de la infraestructura verde, para posteriormente proponer los indicadores.

4.2 Indicadores y parámetros de referencia de la Capacidad Adaptativa de la Infraestructura Verde: experiencia previa

Una vez analizado el rol de los indicadores en la evaluación y seguimiento de las medidas de adaptación, se revisa en este apartado el contenido específico de las principales referencias internacionales en materia de indicadores. Esta revisión será la base de la propuesta metodológica de un sistema de indicadores para la inclusión de la infraestructura verde en las estrategias de adaptación al cambio climático. Por tanto, se analiza el contenido de los principales documentos de referencia (Tabla 7), con el objetivo de identificar en ellos parámetros e indicadores de capacidad adaptativa previamente validados.

Todos estos documentos tienen una base científica reconocida, y el refrendo de instituciones gubernamentales o internacionales. Para cada uno de los documentos de referencia se analizará brevemente su objetivo y rasgos fundamentales, para después identificar las características y particularidades de los indicadores que proponen y que pueden ser útiles para la determinación de la capacidad adaptativa. A partir de esta revisión, en el próximo apartado se realizará una propuesta, completando lo identificado en la experiencia previa con algunas aportaciones propias y modificaciones a lo revisado hasta ahora.

Tabla 7. Cuadro resumen de referencias sobre indicadores

TÍTULO	AÑO/PAÍS	ENTIDAD	VERSIÓN
Toronto Green Standard. Making a Sustainable City Happen.	2017 Canadá	City of Toronto	Version 2.1, (20 pp)
LEED v4 for Neighborhood Development.	2018 EE.UU.	US Green Building Council, USGBC.,	v.4. <i>LEED ND: Plan/LEED ND: Built Project.</i> (103 pp.)
STAR Community Rating System	2016 EE.UU.	STAR Community Rating System Washington	Version 2.0. Sustainability Tools for Assessing & Rating Communities. (143 pp.)
Living Community Challenge	2017 EE.UU.	International Living Future Institute, Seattle	Living Community Challenges 1.2. (62 pp.) A Visionary Path to a Regenerative Future.

CASBEE for Urban Development	2015 Japón	Institute for Building Environment and Energy Conservation, Tokyo,	CASBEE for Urban Development. (99 pp.) Comprehensive Assessment System for Built Environment. Technical Manual 2014.
BREEAM ES Urbanismo	2013 España	Fundación Instituto Tecnológico de Galicia, BREEAM España, La Coruña	BREEAM ES Urbanismo 2012. V. β. Manual Técnico. (335 pp)
RAMSES PROJECT	2015 España, Bélgica, UK, Alemania, Francia, Italia, Noruega	Unión Europea. Proyecto "Reconciling adaptation, mitigation and sustainable development for cities".	<i>Reconciling adaptation, mitigation and sustainable development for cities.</i> Ref code: RAMSES-D2.4.(62 pp.)
GIZ	2014 Alemania	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	<i>Repositorio de Indicadores de Adaptación. Casos reales de sistemas de M&E (72 pp.)</i>
Certificación del Urbanismo Ecológico.	2012 España	Ministerio de Fomento, Gobierno de España (657 pp.)	<i>Guía metodológica para los sistemas de auditoria, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano.</i>
Indicadores de Sostenibilidad del Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles (BID/ Findeter)	2016 EE.UU.	Banco Interamericano de Desarrollo, Washington	<i>Guía Metodológica V.3. Programa CES. Anexo Indicadores (IADB, 2016) (232pp.)</i>
	2017 Colombia	Findeter, Bogotá	<i>Estudio Base aplicado a Popayán (FINDETER, 2017) (256 pp.)</i>
Deutsche AnpaassungsStrategie (DAS) (Estrategia Alemana de Adaptación)	2015 Alemania	Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety. Gobierno Alemán	Inventario desarrollado por Bosch & Partner GmbH, Munich (91 pp.)

Fuente: Elaboración propia

4.3 Propuesta de un Marco de Evaluación de la capacidad adaptativa de la Infraestructura Verde

Para los sectores identificados en el desarrollo de áreas de renovación urbana o de nuevos proyectos urbanísticos y para la incorporación y seguimiento de las nuevas delimitaciones en función de sus aptitudes ante el cambio climático, se ha detectado en la literatura el empleo de indicadores que permiten realizar un seguimiento de su capacidad de adaptación. De este modo, podemos agrupar estas "capacidades" de adaptación de las estrategias de planificación en las siguientes cualidades:



Figura 36. Estructuras hidráulicas de la cultura Zenú.
Fuente: Museo del Oro, Bogotá (enero 2017)

4.3.1 Capacidad Adaptativa de la Infraestructura Azul

Entendemos por infraestructura azul aquella complementaria a la red de espacios libres y zonas verdes cuya funcionalidad está directamente relacionada con la red hídrica natural. Comprende ríos, arroyos, barrancos y cualquier curso de agua permanente o temporal, así como las masas de aguas interiores naturales o embalsadas artificialmente que suponen parte del circuito hidráulico propio de las áreas de estudio.

La necesidad de una gestión adecuada de la infraestructura hidráulica es crítica en términos de adaptación al cambio climático. Existen referencias de adaptación que han sido hitos culturales de primer orden como los camellones hidráulicos de la cultura Zenú en Colombia. Las cálidas llanuras del Caribe colombiano fueron ocupadas por estos pueblos hace más de 6000 años. Hacia el 200 a.C. las comunidades agrícolas idearon sistemas elevados de terreno para el control hidráulico de las inundaciones que en función de las estaciones se extendían sobre la sabana y las ciénagas. Un sistema que se perpetuó durante trece siglos y que consistía en la creación de camellones de

tierra en paralelo que permitían la entrada del agua de las crecidas sin afectar a los terrenos de cultivo y a los asentamientos poblados.

Estos inteligentes sistemas de gestión de la red hídrica conciben la organización territorial bajo el criterio de favorecer la continuidad de los flujos y recorridos naturales. Principios en el diseño de las estrategias que ya han sido detallados en el apartado 3 y que han sido puestos en práctica para la gestión, por ejemplo, del Lago *Sankt Jørgens* en Copenhague.

4.3.2 Capacidad Adaptativa de la Infraestructura Verde

Se analiza de forma genérica el rol que juega la infraestructura verde como elemento clave en el control de las amenazas derivadas del cambio climático. Como hemos identificado previamente, algunos indicadores de sostenibilidad de carácter global son eficaces como herramientas de seguimiento y valoración de las acciones de adaptación. El enfoque dado a esta figura se apoya en la aplicación de indicadores de sostenibilidad de manera que podamos identificar que, si se cumplen los parámetros necesarios, éstos puedan indicar la participación proactiva de los espacios verdes como estrategia adaptativa.

Tal y como se ha podido identificar en la literatura, la infraestructura verde es un recurso especialmente útil como elemento adaptativo frente a los riesgos derivados del cambio climático. Además, ya es conocido el posible aporte de la infraestructura

verde urbana como estrategia complementaria a las políticas de mitigación de gases de efecto invernadero. Recordemos que existen sectores urbanos que por su localización y características permiten ser enfocados como áreas de control de emisiones de GEI. El cálculo de la capacidad de absorción de un sector urbano como sumidero de carbono permite determinar el potencial como recurso para la mitigación en acompañamiento de otras medidas adaptativas que pudieran asociarse.

Junto a este aspecto, que no es objeto de la investigación realizada, se propone una distinción de la infraestructura verde en dos grupos diferenciados en función de su capacidad adaptativa global o específica a los riesgos derivados del cambio climático.

4.3.3 Capacidad Adaptativa Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-RG)

En este apartado se valorará la exposición cuantificada de la población del ámbito de estudio relacionando los riesgos identificados con la ubicación de la población afectada. Las estrategias de ordenación urbana que reduzcan el grado de vulnerabilidad de la población determinarán el valor de las acciones bajo criterios de coste-beneficio. El resto de las medidas relacionadas con los riesgos derivados del cambio climático se analizarán para cada una de las diferentes capacidades adaptativas.



Figura 37. Rising Currents: A new Urban Ground.
Fuente: Architecture Research Office & DLANDSTUDIO (ARO, 2010).

La presencia de zonas verdes y su grado de accesibilidad informa de las condiciones de calidad ambiental y sostenibilidad de un sector urbano, igualmente estas características proporcionan datos sobre la capacidad de adaptación a eventos extremos de carácter climático. La participación de la infraestructura verde en el control de riesgos, sus posibles déficits y la contabilización de la población expuesta a las diferentes amenazas, son datos necesarios para evaluar la capacidad de adaptación de un ámbito urbano.

La eficiencia de la capacidad adaptativa global de la infraestructura verde frente a la exposición a riesgos globales derivados del cambio climático puede ser medida, por tanto, a través de los siguientes indicadores:

RG1: Presencia de Zonas Verdes


RG2: Grado de Accesibilidad a la Infraestructura Verde

RG3: Grado de Participación de la Infraestructura Verde en el Control de Riesgos Climáticos

RG4: Grado de exposición de la población residente en el ámbito

RG5: Demanda Hídrica de la Vegetación

Se pormenoriza en formato tipo ficha su definición, justificación, forma de cálculo y parámetros de referencia, así como el objetivo estratégico al que obedece.

Presencia de Zonas Verdes			RG-1	
Tipo de Capacidad Adaptativa: Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-R)				
Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo		
Relación de zonas verdes respecto a la población servida (RG1A) o respecto a la superficie del ámbito (RG1B). Se establecen dos opciones de cálculo.	La existencia de una ratio adecuado de espacios libres y zonas verdes por habitante garantiza, no sólo una adecuada calidad ambiental, sino una mejora sustancial de la capacidad adaptativa global frente a los riesgos, además de su contribución como estrategia de mitigación de gases de efecto invernadero. No obstante, este valor queda condicionado por la ubicación concreta de los espacios libres y la capacidad adaptativa del tipo de vegetación con el cambio climático.	RG1 (A) = Zonas Verdes / Habitantes Ámbito RG1 (B) = (Zonas Verdes / Sup. Ámbito) x 100 RG1 (A) = (IV / HT) RG1 (B) = [(IV / ST) x 100]		
Objetivo Estratégico	Garantizar un adecuado servicio de la infraestructura verde a todos los residentes del ámbito afectado.	IV: Superficie SL-ELZV (m²) HT: Habitantes totales del ámbito (Nº) ST: Superficie Total del Ámbito (m²) Unidad de Medida (m²/hab) o (%)		
Método de Cálculo				
<p>- Superficie del Sistema Local de Espacios Libres y Zonas Verdes (SL-ELZV): superficie identificada como infraestructura verde (I.V.) en el planeamiento oficial.</p> <p>- Habitantes Totales del Ámbito (HT): Población residente real o potencial dentro del ámbito de estudio (tomando como referencia las condiciones urbanísticas).</p> <p>Se aplicarán los valores oficiales de población para el área. Para el cálculo de la población, si no se contara con dicha información, se identificará los m² de uso residencial admitidos por la normativa, asignando una estimación de superficie construida por vivienda y aplicando la ratio de habitantes por unidad residencial a partir de fuentes oficiales.</p>				
Parámetros de Referencia			Referencias y recursos	
No admisible	Admisible	Óptimo	STAR (2016) establece como variable de referencia un mínimo óptimo del 35% del ámbito. El Manual de Certificación del Urbanismo Ecológico del Gobierno de España (2012) establece 12 m ² /hab La normativa española cuenta actualmente con una media mínima del 25% de ocupación y entre 12 y 13 m ² /habitante. La contextualización regional de este valor es un aspecto a considerar, por ejemplo, el Banco Interamericano de Desarrollo (IADB, 2016) establece una cuantificación óptima superior a 5 m ² /habitante.	
(A) <12 m ² /hab.	(A) 12-20 m ² /hab.	(A) >20 m ² /hab.		
(B) < 25% del ámbito	(B) 25%-35% del ámbito	(B) > 35% del ámbito		

Grado de Accesibilidad a la Infraestructura Verde
 Tipo de Capacidad Adaptativa: Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-R) **RG-2** 

Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Cobertura espacial de la I.V. con relación a la población total del ámbito	Una accesibilidad adecuada a espacios libres y zonas verdes supone una de las principales estrategias adaptativas frente al riesgo climático. Este indicador recupera valores propios de sostenibilidad urbana que son igualmente aptos como estrategias de adaptación. La cantidad y ubicación de la I.V. es decisiva para generar entornos mejor adaptados a la variabilidad climática.	$RG2 = \frac{\text{Habitantes del ámbito con Cobertura I.V.}}{\text{Habitantes Totales del Ámbito}} \times 100$ $RG2 = \left[\frac{HCIV}{HT} \times 100 \right]$
Objetivo Estratégico Garantizar una adecuada accesibilidad a la Infraestructura Verde como estrategia adaptativa global.		HCIV: Habitantes con Cobertura de I.V. (#) o (Nº) HT: Habitantes totales del ámbito (#) o (Nº) Unidad de Medida (%)

Método de Cálculo

- **Habitantes del Ámbito con Cobertura de Infraestructura Verde (HCIV):** Corresponde con la población que tiene acceso a la infraestructura verde a menos de 300 metros de distancia.
 - **Habitantes Totales del Ámbito (HT):** Población residente real o potencial dentro del ámbito de estudio (tomando como referencia las condiciones urbanísticas).
 Debe grafarse la superficie resultante de los perímetros de cobertura, con una distancia de 300 metros alrededor de la infraestructura verde, contabilizando el suelo residencial del ámbito inscrito en estos perímetros.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	Natural England (2010); Van den Bosch (2016) consideran una distancia idónea de 300 m. Kabisch (2016) maneja valores entre 300 y 500 m. La Guía Metodológica del Gobierno de España (2012) establece los indicadores EVB.05.26 y EVB.05.27 poniendo en valor la cantidad y distribución de los espacios verdes definiendo diferentes distancias de cobertura entre 200 m y 700 m para parques urbanos. LCC (2017) concreta que la infraestructura verde no debe situarse a más de ½ milla (800 m) de cualquier punto del ámbito. BREEAM (2013) concreta como situación óptima 500 m. (Indicador DL 6). STAR (2016) establece la necesidad de garantizar que el 85% de la población residente está a menos de 1/3 de milla (536 m) de la infraestructura verde (NS-1).
< 90%	≥ 90%	100%	

Grado de Participación de la I.V. en el control de Riesgos Climáticos
 Tipo de Capacidad Adaptativa: Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-R) **RG-3** 

Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Relación entre la infraestructura verde y las zonas de riesgo identificadas.	Una vez identificadas las zonas de riesgo (derivados del cambio climático), en especial las áreas de inundación, se debe mantener estos sectores libres de la urbanización, lo que requiere una clasificación específica de protección. En el caso de que se definan dentro del suelo urbano, sólo pueden ser ocupadas por sistemas de espacios libres.	$RG3 = \frac{\text{Superficies SL-ELZV}}{\text{Superficie Zonas de Riesgo}} \times 100$ $RG3 = \left[\frac{IV}{R} \times 100 \right]$
Objetivo Estratégico Comprobar el grado de participación de los sistemas locales de espacios libres y zonas verdes en la ocupación de las zonas de riesgo.		IV: Superficie SL-ELZV (m²) o (ha) R: Superficie de Zonas de Riesgo (m²) o (ha) Unidad de Medida (%)

Método de Cálculo

- **Superficie de Zona de Riesgos:** La cartografiada en los planos de información.
 - **Superficie del Sistema Local de Espacios Libres y Zonas Verdes (SL-ELZV):** superficie identificada como infraestructura verde (I.V.) en el planeamiento oficial.
 Para los ámbitos de suelo urbano o urbanizable sólo se contabilizará la superficie de zonas verdes dentro del área clasificada como zona de riesgo. Por tanto, el límite para el cálculo será la superficie indicada como zona de riesgo.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	Tanto las certificaciones LEED (2018), LCC (2017) y BREEAM (2013) establecen como situación óptima la inexistencia de residencia y otros usos sensibles en las áreas delimitadas como de Riesgo Climático y en zonas de inundación para los ámbitos cartografiados con periodo de retorno T:100 años. No obstante, BREEAM considera admisible la existencia exclusiva de equipamientos públicos en zonas de baja probabilidad de inundación, correspondiente al ámbito resultante de la diferencia con el periodo de retorno T:500 años. En zonas ya edificadas, FEMP (2015) establece la idoneidad de reestructurar los entornos urbanizados para evitar convertirse en tapones del flujo de las escorrentías.
Uso residencial y otros usos sensibles sin protección	Existencia exclusiva de equipamientos públicos y/o uso residencial adaptado	100% ocupada por la I.V.	

Grado de exposición de la población residente en el ámbito

Tipo de Capacidad Adaptativa: Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-R)

RG-4

Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Porcentaje de población residente expuesto a riesgos derivados del cambio climático respecto a la población del ámbito.	Identificar la población expuesta a las nuevas condiciones derivadas del cambio climático permite determinar las adecuadas acciones adaptativas para minimizar su exposición. Una vez identificada la superficie afectada por riesgos, y determinando la superficie de uso residencial de los sectores urbanos analizados, se puede estimar la población potencialmente afectada y, por tanto, extraer datos cuantitativos de gran interés para la toma de decisiones.	$RG4 = \frac{\text{Habitantes en Riesgo}}{\text{Habitantes Totales del Ámbito}} \times 100$ $RG4 = \left[\frac{HR}{HT} \right] \times 100$
Objetivo Estratégico		HR: Habitantes en Riesgo (#) o (Nº) HT: Habitantes totales del ámbito (#) o (Nº) Unidad de Medida (%)
Identificar la población expuesta dentro de un ámbito reconocido como de riesgo.		

Método de Cálculo

- **Habitantes en Riesgo (Hab. R):** Cálculo de la población expuesta dentro de la zona de riesgo, cartografiada en los planos de información.

- **Habitantes Totales del Ámbito (Hab. Totales):** Población residente real o potencial dentro del ámbito de estudio (tomando como referencia las condiciones urbanísticas).

Se aplicarán los valores oficiales de población para el área. Para el cálculo de la población, si no se contara con dicha información, se identificará los m² de uso residencial admitidos por la normativa, asignando una estimación de superficie construida por vivienda y aplicando la ratio de habitantes por unidad residencial a partir de fuentes oficiales.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	GIZ (2014) utiliza el valor de 0% como referencia para identificar la población potencial que puede verse obligada a desplazarse por el impacto del clima. El indicador establece como valor el "Número de personas desplazadas permanentemente" argumentando que "Las inundaciones y sequía pueden causar suficientes daños a las propiedades y los medios de vida para llevar a las personas a estar permanentemente sin hogar. Con el aumento en el nivel del mar, la salinización de la tierra y/o del agua dulce y la pérdida de la productividad agrícola o de suministro de agua puede causar desplazamiento" (GIZ, 2014).
< 100% adaptada	100% adaptada	0%	

Demanda Hídrica de la Vegetación

Tipo de Capacidad Adaptativa: Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-R)

RG-5

Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Caracterización de las necesidades hídricas de los espacios libres y zonas verdes según las condiciones climáticas.	En una situación de condiciones climáticas variables se debe tomar como premisa la gestión eficiente del agua para la infraestructura verde. Siguiendo criterios de sostenibilidad ambiental el valor obtenido debe garantizar el mantenimiento de la vegetación proyectada y existente sin incrementar los consumos de agua destinada a las zonas verdes.	$RG5 = \frac{\text{Consumo por Riego}}{\text{Capacidad de Almacenamiento}} \times 100$ $RG5 = \left[\frac{CR}{AL} \right] \times 100$
Objetivo Estratégico		CR: Consumo por riego (m³) o (l) AL: Capacidad de almacenamiento (m³) o (l) Unidad de Medida (%)
Garantizar un adecuado mantenimiento de la vegetación frente a las condiciones cambiantes del clima.		

Método de Cálculo

- **Consumo por Riego (CR):** Cantidad de agua destinada al riego de las zonas verdes.

- **Capacidad de Almacenamiento (AL):** Volumen total de almacenamiento necesario para dar cobertura de riesgo a las zonas verdes. En función de la vegetación proyectada o existente se estimará la cantidad de agua anual que consumirán las zonas verdes, en función de los parámetros climatológicos futuros. La respuesta adecuada al cambio climático considerará la posibilidad de utilizar la mayor cantidad de agua de lluvia almacenada para riego. Este valor se obtendrá en función de la capacidad de volumen de almacenamiento (dato requerido).

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	USGBC (2018) establece que no sea necesario un sistema de riego permanente o que se reduzca el riego de jardines al aire libre en al menos un 30% de su superficie, a partir de un valor base calculado para el mes de máximo riego. Óptimo superior al 50%. LCC (2017) indica que el 100% de las necesidades de agua del ámbito deben ser suplidas por la captación de las precipitaciones u otros sistemas naturales de circuito cerrado de agua, y / o reciclado del agua usada purificada según, sea necesario, sin el uso de productos químicos. CASBEE (2015) considera optimizar el uso del 80% o más del agua de lluvia retenida. De forma complementaria, City of Toronto (2017) promueve en áreas ajardinadas reducir el uso de agua potable para irrigación en un 50%.
> 100%	80%-100%	≤ 80%	

4.3.4 Capacidades Adaptativas Específicas por Riesgos del Cambio Climático

4.3.4.1 RIC. Capacidad Adaptativa Específica frente a Isla de Calor (CA-RIC)

Los sectores urbanos identificados como islas de calor cuentan con diversas medidas adaptativas reconocidas por la comunidad científica. Junto a estrategias de reducción de la temperatura superficial mediante el empleo de materiales de acabado reflectantes o de baja absorción térmica, la infraestructura verde juega un papel crucial para moderar la temperatura ambiental. Para la aplicación de acciones específicas ante la exposición por Isla de Calor, el análisis de las condiciones climatológicas locales debe ser desarrollada conforme a una metodología que parta de la situación actual contrastada con los usos del suelo existentes.

A partir de la recopilación de datos se deben establecer los escenarios climáticos a futuro, modelizando las condiciones de temperatura. De esta manera, podremos identificar los sectores urbanos más vulnerables que puedan requerir una delimitación como área de actuación específica.

RIC1: Presencia de superficie adaptada al incremento de temperatura

RIC2: Participación de la I.V. en la reducción de temperaturas

RIC3: Cobertura de la I.V. en áreas expuestas a Isla de Calor

RIC4: Presencia de vegetación de sombra dentro del área

RIC5: Grado de Arborización

Presencia de superficie adaptada al incremento de temperatura

Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica por Isla de Calor (CA-RIC)

RIC-1

Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Relación entre las zonas de alto albedo (o de superficies frías) y el área total del ámbito.	Se ha comprobado que la utilización de materiales con elevado albedo y con valores altos de emitancia de calor mejoran las condiciones ambientales, reduciendo la temperatura próxima en comparación con otros materiales de valores inferiores. El empleo de grandes superficies con este tipo de materiales ayuda a reducir la temperatura superficial, vector sustancial en las islas de calor urbano.	RIC-1 = (Superficie de alto albedo / Superficie total del ámbito) x 100
Objetivo Estratégico		RIC-1 = [(S-ALB / ST) x 100]
Reducir la temperatura superficial por efecto de la isla de calor debido al incremento previsto por acción del cambio climático.		S-ALB: Superficie de Alto Albedo (m²) o (ha)
		ST: Superficie Total del Ámbito (m²) o (ha)
		Unidad de Medida (%)

Método de Cálculo

- **Superficie de Alto Albedo (S-ALB):** Superficie de pavimentos y cubiertas con capacidades reflectantes (pavimentos y techos fríos) clasificados por su alto albedo o nivel de reflectancia. Se ha de considerar la superficie de sombra que ofrece la Infraestructura Verde.

- **Superficie Total del Ámbito (ST):** Superficie del ámbito (sector, plan parcial, etc.).

Para el cálculo de la superficie de alto albedo es necesario contar con las características de los materiales de acabado, tanto en pavimentos como en cubierta. Definiendo el valor de Albedo o el Índice de Reflectancia Solar (SRI) de todos los materiales se establece la cantidad de superficie con alto albedo. Sólo se contabilizarán las superficies pavimentadas que tengan un albedo superior o igual a 0,3 y cubiertas planas con SRI de 64 y de 32 para las inclinadas.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	City of Toronto (2017) establece 50% (mínimo); 75% (óptimo) en zonas exteriores. Albedo de ≥ 0.3 ó SRI 29, combinado con pavimentos de rejilla y garantizando sombra con arbolado o con de estructuras armadas con paneles solares (AQ 4.1). Otras acciones en indicador AQ 5.1. USQBC (2018) establece sombra en al menos el 40% de la superficie de las aceras. El 50% de la superficie pavimentada cubierta por sombras vegetadas o estructuras de sombra y suelos con SRI 0.28, o bien pavimentos de rejilla abierta con una proporción de hueco del 50%. Instalar Cubiertas Verdes 75% de la superficie de las edificaciones. Cubiertas planas SRI 64, en planas SRI 32 (GIB CREDIT).
< 50%	50%-75%	> 75%	

Participación de la I.V. en la reducción de temperaturas

Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica por Isla de Calor (CA-RIC)

RIC-2

Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Contribución de las superficies verdes en la reducción de la temperatura superficial del ámbito.	Como estrategia complementaria al empleo de materiales de alto albedo, el incremento de la vegetación urbana contribuye a la reducción de la temperatura en las zonas definidas como islas de calor. Para determinar la efectividad de las medidas de adaptación es necesario comprobar que la diferencia de temperatura entre el exterior y las áreas centrales de la ciudad se mantiene dentro de unos parámetros razonables.	RIC-2 = (Temperatura Isla de Calor – Temperatura Área Suburbana o Rural)
Objetivo Estratégico		RIC-2 = (T-IC – T-SUB)
Reducir la temperatura superficial por efecto de isla de calor mediante la utilización de la infraestructura verde.		T-IC: Temperatura del Ámbito Isla de Calor (°C) o (°F)
		T-SUB: Temperatura Suburbana o Rural (°C) o (°F)
		Unidad de Medida (°C) o (°F)

Método de Cálculo

- **Temperatura del Ámbito de Isla de Calor (T-IC):** Corresponde a la temperatura máxima durante una noche en condiciones extremas de verano e invierno en el área identificada y grafiada como sector expuesto a isla de calor urbano en los planos de ordenación.

- **Temperatura del Área S (T-SUB):** Temperatura en el anillo exterior de la ciudad.

Las condiciones de medición se regirán por los criterios de climatología urbana, preferentemente mediante toma de datos en horario nocturno y en periodos climáticos extremos donde pueden detectarse diferencias claras entre los ámbitos de estudio.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	El indicador CE-4 de STAR (2016) establece la necesidad de demostrar que la temperatura de la superficie del área no tiene una diferencia con la de las áreas suburbanas o rurales circundantes superior a 5 grados Fahrenheit (2,77 oC) cuando se mide en una noche de verano y de invierno. Diversos autores han determinado que la contribución del verde urbano, combinado con otras estrategias de enfriamiento, consigue reducir la temperatura superficial en torno a 2 oC (3,6 oF) (Georgescu et al., 2014; Makhelouf, 2009).
> 2,77 °C > 5 °F	< 2,77 °C < 5 °F	-	

Cobertura de la I.V. en áreas expuestas a Isla de Calor

Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica por Isla de Calor (CA-RIC)

RIC-3



Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Relación entre la infraestructura verde y la zona de riesgo identificada como Isla de Calor Urbano.	Las islas de calor urbano se ven beneficiadas con el aumento de superficies vegetadas. Tanto la relación de espacio libre disponible-espacio construido, como la superficie de cubiertas y paredes ajardinadas. Es necesario, por tanto, alcanzar un cierto rango de superficies verdes para disminuir la temperatura superficial.	RIC-3 = (Superficies IV / Superficie Ámbito Isla de Calor) x 100 RIC-3 = [(IV/IC) x 100]
Objetivo Estratégico		IV: Superficie IV (m²) o (ha)
Comprobar el grado de participación de los sistemas locales de espacios libres y zonas verdes en la ocupación de las islas de calor.		IC: Superficie de Ámbito Isla de Calor (m²) o (ha)
		Unidad de Medida (%)

Método de Cálculo

- **Superficie del Ámbito Isla de Calor Urbana (IC):** La cartografiada en los planos de información y ordenación del planeamiento.
 - **Superficie de la I.V. pública y privada (IV):** superficie identificada como I.V. en el planeamiento oficial y los espacios clasificados como zonas verdes de titularidad privada.
 Para los ámbitos de suelo urbano o urbanizable sólo se contabilizará la superficie de zonas verdes dentro del área clasificada como ámbito Isla de Calor. Por tanto, el límite para el cálculo será la superficie indicada como Isla de Calor.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	CASBEE (2015) establece valores contribuyentes a la reducción de las temperaturas ratios de relación entre la superficie verde y la ocupada por la edificación. Estas ratios se distribuyen por niveles de cumplimiento. Los niveles 3 y 4: admisibles; nivel 5: óptimo. Nivel 1 2 3 4 5 % <10 10-19 20-29 30-39 40 o más - Cubiertas verdes: Superficie de cubiertas verdes, incluidas las azules, con relación a la superficie de cubiertas. Se distribuye en función de los niveles de cumplimiento: Nivel 1 2 3 4 5 % <15 15-19 20-29 30-39 40 o más
< 20%	20% - 40%	≥ 40%	

Presencia de vegetación de sombra dentro del área

Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica por Isla de Calor (CA-RIC)

RIC-4



Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Relación entre el grado de sombra provisto y la superficie de I.V. dentro del ámbito considerado Isla de Calor Urbano.	Con el objetivo de reducir la temperatura superficial en áreas identificadas como islas de calor urbano, se incrementará la capacidad adaptativa, no sólo aumentando la superficie vegetada sino asegurando, además, un mínimo de cobertura de sombra en el ámbito afectado para garantizar unas cualidades mínimas de temperatura ambiental.	RIC-4 = (Superficies de Sombra / Superficies SL-ELZV) x 100 RIC-4 = [(SS/IV) x 100]
Objetivo Estratégico		IV: Superficie SL-ELZV (m²) o (ha)
Disminuir la temperatura aumentando la cobertura de sombra dentro del sistema local de espacios libres y zonas verdes.		SS: Superficie de Sombra (m²) o (ha)
		Unidad de Medida (%)

Método de Cálculo

- **Superficie de Sombra (SS):** La cartografiada en los planos de proyecto o plan, correspondiente a la cobertura de sombra del arbolado propuesto o existente en la I.V.
 - **Superficie del Sistema Local de Espacios Libres y Zonas Verdes (SL-ELZV):** superficie identificada como infraestructura verde (I.V.) en el planeamiento oficial.
 Para poder identificar la superficie se debe graficar la posición del arbolado y el porte máximo que va a alcanzar. Se calculará la proyección de sombra para el día identificado de temperaturas medias más altas en el año. No se calcula la sombra del arbolado de calles.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	De forma general, los espacios verdes urbanos requieren ajardinar al menos el 50% de la superficie de espacios libres para ser considerados óptimos (Gobierno de España, 2012). USGBC (2018) establece el NPD CREDIT, consistente en proveer sombra en al menos el 40% de la superficie de las aceras, se aplica consecuentemente al ámbito definido como espacio libre dentro del sector calificado como isla de calor urbano. City of Toronto (2017) concreta el indicador EC 2.1, estableciendo plantaciones arbóreas para obtener una cobertura de copa distribuida en el ámbito a una tasa mínima de 1 árbol por cada 66 m2 en el 40% del ámbito. También, BREEAM (2013) establece el indicador ECO 3, añadiendo el uso de flora nativa en más del 90% de los árboles y arbustos y con una ocupación mínima del 30% ó superior del ámbito.
< 30%	30% - 40%	≥ 40%	

Grado de Arborización

Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica por Isla de Calor (CA-RIC)

RIC-5

Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Relación entre la cantidad de árboles y la población residente en el ámbito calificado como isla de calor.	El incremento de la vegetación en las áreas afectadas por isla de calor y por otros impactos del cambio climático aporta beneficios netos a los residentes del área dirigidos a mitigar estos impactos e incrementa la calidad ambiental del entorno. Una ratio adecuada per cápita de arborización garantiza unas condiciones de adaptación mayores.	RIC-5 = (Número de Árboles / Habitantes Totales del Ámbito) x 100 RIC-5 = (T/HT)
Objetivo Estratégico		T: Número de árboles (#) o (Nº)
Aumentar la ratio de cobertura de árboles per cápita en el ámbito afectado.		HT: Habitantes totales del ámbito (Nº)
		Unidad de Medida (Nº/hab.)

Método de Cálculo

- **Número de Árboles (T):** Cuantificación numérica del total de árboles de porte medio y alto existente o proyectado en el ámbito.
 - **Habitantes Totales del Ámbito (Hab. Totales):** Población residente existente y potencial dentro del ámbito de estudio.
 Se identificará gráficamente la posición del arbolado de porte medio y alto dentro del ámbito establecido como Isla de Calor Urbano. Se justificará gráficamente la cuantificación del arbolado que va a entrar en el cálculo.

Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	
< 0,1%	0,1% - 0,5%	> 0,5%	Dentro del Programa Ciudades Sostenibles y Competitivas de Findeter Colombia (IADB-Findeter, 2017) se establece como indicador de referencia una ratio superior a 0,50 árboles por habitante y un mínimo de 0,10 unidades per cápita. Kielbaso (2008) establece igualmente un valor óptimo de 0,50 árboles por habitante. McPherson & Rowntree (1989) convinieron valores entre 0,37 y 0,53 árboles por habitante. Complementariamente City of Toronto (2017) establece una tasa mínima de 1 árbol por cada 66 m2 en el 40% del ámbito (EC 2.1), y plantar grandes árboles de sombra a intervalos de 8 - 10 m (EC-2.3) a lo largo de todas las fachadas. USGBC (2018) establece la necesidad de proveer arbolado en calle en al menos el 60% de su longitud con intervalos no superiores a 12 m (50 ft) (NPD CREDIT). LCC (2017) establece una distancia máxima entre árboles de 9 metros.

4.3.4.2 RIN. Capacidad Adaptativa Específica por Inundaciones (CA-RIN)

El riesgo de inundación por escorrentía superficial ante eventos climáticos extremos puede mitigarse con soluciones constructivas y de diseño en el espacio público. Es necesario, por tanto, valorar la introducción de acciones de proyecto que incrementen la permeabilidad de los suelos para favorecer la infiltración y retención de las aguas de escorrentía o al menos parte de las mismas.



Figura 37. Esquema de sistemas activos contra inundaciones


Fuente: Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles, S.L.


En este sentido los proyectos relacionados con sistemas urbanos de drenaje sostenible permiten una adecuada gestión de las inundaciones. Por otro lado, el incremento de las superficies impermeables condiciona la capacidad de absorción del suelo disponible en periodos de exceso de precipitaciones. La red de alcantarillado no se dimensiona para eventos extremos, llegando al colapso en situaciones de intensas lluvias o procesos de inundación repentina.

Los indicadores propuestos para evaluar este aspecto son los siguientes:

RIN 1: Permeabilidad del Suelo

RIN 2: Capacidad de Infiltración del Suelo

Permeabilidad del Suelo		RIN-1	
Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica por Inundaciones (CA-RIN)			
Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo	
Relación entre la superficie permeable y la del ámbito afectado por riesgo de inundación derivada del cambio climático.	Una de las principales estrategias adaptativas para el control de inundaciones, acrecentadas por el cambio climático, se apoya en el incremento de la permeabilidad del suelo. Una adecuada gestión en el diseño de los pavimentos y el incremento de zonas ajardinadas permite mejorar la capacidad de absorción y aumentar los tiempos de respuesta en caso de impacto.	$RIN-1 = \frac{\text{Superficie Permeable}}{\text{Superficie total del ámbito}} \times 100$ $RIN-1 = \left[\frac{SP}{ST} \right] \times 100$	
Objetivo Estratégico		SP: Superficie Permeable del ámbito (m ²) o (ha)	
Incrementar la capacidad adaptativa para el control de inundaciones.		ST: Superficie Total del Ámbito (m ²) o (ha)	
		Unidad de Medida (%)	
Método de Cálculo			
- Superficie Permeable (SP): Superficie que cumple los criterios de permeabilidad que establezcan programas y políticas de drenaje urbano sostenible. Al menos se contabilizará la superficie destinada a zonas verdes. - Superficie Total del Ámbito (ST): Superficie del ámbito (sector, plan parcial, etc.). Se establecerán inicialmente los criterios para definir las superficies consideradas como permeables, cartografiando de manera detallada los ámbitos incluidos dentro del sector afectado por inundaciones.			
Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	BREEM (2013) concreta para el indicador CE 3 como situación óptima que el 50% de la superficie total de la urbanización esté diseñada para recoger aguas pluviales para su reutilización; y como valor admisible, aquel que supere el 5%. STAR (2016) establece que no más del 65% debe ser ocupado por suelo impermeable. Además, USGBC (2018) y City of Toronto (2017) advierten de la necesidad de fomentar el uso de pavimento de rejilla abierto en al menos un 50% de su superficie permeable como criterio para los sistemas urbanos de drenaje sostenible.
< 5%	5% - 50%	> 50%	

Capacidad de Infiltración del Suelo		RIN-2	
Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica por Inundaciones (CA-RIN)			
Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo	
Contribución del suelo con capacidad de infiltración de agua de lluvia del sector delimitado como área de inundación.	El incremento de la permeabilidad del suelo, con una adecuada gestión de las superficies mediante el diseño de sistemas de drenaje sostenible y aumento de áreas verdes, deriva en el control de las escorrentías superficiales instantáneas producidas sobre las áreas impermeables. La mejora de la infiltración de escorrentía aumenta la capacidad adaptativa.	$\text{RIN-2} = (\text{Volumen de Captación} / \text{Superficie Impermeable del ámbito})$ $\text{RIN-2} = (\text{VC} / \text{SI})$	
Objetivo Estratégico		V: Volumen de captación (m³)	
Incrementar la capacidad adaptativa para el control de las escorrentías superficiales de las zonas impermeables.		SI: Superficie Impermeable Ámbito (m²)	
		Unidad de Medida (mm)	
Método de Cálculo			
<p>- Volumen de Captación (VC): Volumen máximo de infiltración de áreas permeables.</p> <p>- Superficie Impermeable del ámbito (SI): Superficies impermeables que generen escorrentía por agua de lluvia.</p> <p>El objetivo de este indicador es calcular la capacidad de infiltración del volumen de agua en cada evento de lluvia. El volumen máximo de infiltración dependerá de las condiciones del terreno, el tipo de suelo, el porcentaje de porosidad, etc., (véase Matos, 2016).</p>			
Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	<p>City of Toronto (2017) establece como obligatorio contener al menos los primeros 5 mm de lluvia a través de la reutilización, infiltración en el área y evapotranspiración. El volumen de escorrentía anual máximo permitido en el ámbito no debe ser superior al 50% de la media total anual de la cantidad de lluvia (WQ 2.2). La situación óptima (WQ 2.3) será de 10 mm por evento de lluvia en 24 horas, o el 70% de la media total anual de la cantidad de lluvia.</p> <p>USGBC (2018) valora en función del percentil de retención del evento de lluvia.</p> <p>Matos (2016, p. XXXVIII) concreta en Lisboa el estándar de 25 mm sobre áreas impermeables como óptimo para controlar entre el 79% (situación actual) y el 81% de las inundaciones (optimización del sistema de drenajes). Valores similares emplean otras ciudades (Matos, 2016, p. 376) como Nueva York (NYC, 2010, p. 21) con 1 pulgada (25mm) y óptimo 50mm, o Filadelfia (City of Philadelphia, 2014, p. 14) con 1 pulgada y óptimo superior a 1,5 pulgadas.</p>
< 5 mm	5 mm – 25 mm	≥ 25 mm	

4.3.4.3 RSM. Capacidad Adaptativa Específica por Subida del Nivel del Mar (CA-RSM)

El aporte defensivo como estrategia de adaptación que la infraestructura verde ofrece para los sectores urbanos costeros se ha mostrado muy efectiva y ha sido evaluado en ocasiones como la de mayor equilibrio entre los costes y los réditos obtenidos. Se hace necesario realizar una aproximación de análisis espacial sobre el grado de contribución de la infraestructura verde en contacto con la costa, identificando las superficies amenazadas por inundaciones derivadas del incremento del nivel del mar.

El carácter defensivo que ha de adquirir la línea de costa en innumerables áreas urbanas requiere de grandes inversiones económicas que pueden comprometer las arcas municipales. Los gobiernos de las ciudades más afectadas por el incremento del nivel del mar reclaman soluciones efectivas y de bajo costo, donde la infraestructura verde, tal y como se ha visto, supone una de las estrategias más sólidas.

Se concreta como recurso para este apartado el siguiente indicador:

RSM: Protección frente a la subida del nivel del mar

Definición		Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo
Contribución de la infraestructura verde en la defensa frente a subida del nivel del mar.		Integrar la infraestructura verde dentro del sistema de protección frente a la intrusión marina debido a la subida del nivel del mar incrementa la capacidad de adaptación urbana. Se establece que para la protección de la costa se contemple la disposición de la infraestructura verde en un porcentaje mayoritario, reubicando o ampliando las zonas verdes.	$RSM = (Línea\ de\ Costa\ con\ I.V. / Línea\ de\ Costa\ afectada\ por\ subida\ del\ nivel\ del\ mar) \times 100$ $RSM = (LIV / LSM)$
Objetivo Estratégico			LIV: Longitud Línea de Costa con I.V. (m)
Aumentar la capacidad de defensa de la costa frente a la subida del nivel del mar.			LSM: Longitud Línea de Costa afectada por SM (m)
Unidad de Medida (%)			
Método de Cálculo			
<p>- Longitud Línea de Costa equipada con Infraestructura Verde (LIV): Longitud en metros lineales de la costa equipada con infraestructura verde urbana.</p> <p>- Longitud Línea de Costa afectada por la subida del nivel del mar (LSM): Equivale a la longitud total del ámbito costero urbano clasificado como sector vulnerable a la intrusión marina por subida del nivel del mar.</p> <p>Se debe contar con planimetría de escenarios climáticos futuros para detectar la longitud de línea de costa en los ámbitos urbanos y urbanizables afectados por subida del nivel del mar. Se entiende por línea de costa, los metros lineales del ámbito urbano en contacto con la línea de intrusión marina señalada por los escenarios</p>			
Parámetros de Referencia			Referencias y recursos
No admisible	Admisible	Óptimo	García et al. (2018) concretan una situación óptima de uso de la infraestructura verde urbana a partir de casos de estudio de éxito con valores superiores al 72% de la franja costera. La clasificación con infraestructura verde en la línea de costa es un aspecto relevante, LCC (2017) establece condiciones específicas a los entornos construidos en zonas costeras, potenciando como estrategia adaptativa distancias de seguridad manteniendo al menos 40 metros de separación a áreas dunares. Dentro del repositorio de indicadores de GIZ (2014) se concreta uno específico para costas, cuantificando la superficie definida normativamente como protegida respecto del total de la superficie costera.
< 65%	65% - 75%	≥ 75%	


4.3.4.4 REF. Capacidad Adaptativa Específica como Refugio Asistencial (CA-REF)

Uno de los aspectos destacados de las áreas de adaptación es la de contar con suficientes infraestructuras disponibles para refugio y asistencia en caso de eventos extremos. En el caso que nos ocupa se analizará la contribución de la infraestructura verde cuando ésta participe como recurso defensivo y logístico frente al cambio climático.

La disponibilidad de suficiente espacio libre próximo a las áreas afectadas facilita la gestión de eventos extremos y sirve de complemento a equipamientos e infraestructuras de primer orden. El dimensionamiento de la infraestructura verde asociada a este tipo de servicios comunitarios es una tarea aún inexplorada y que debe ser considerada para la correcta planificación espacial ante la recurrencia de los fenómenos climáticos extremos.

Se concreta como recurso para este apartado el siguiente indicador:

REF: Disponibilidad de la Infraestructura Verde como Refugio


Disponibilidad de la Infraestructura Verde como Refugio			REF	
Tipo de Capacidad Adaptativa: Específica como Refugio Asistencial (CA-REF)				
Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo		
Contribución de la infraestructura verde próxima para dar respuesta como refugio ante eventos de inundación.	La disponibilidad de I.V. libre de riesgo, dentro de áreas vulnerables o situados a una distancia adecuada, incrementa la capacidad de adaptación sirviendo como espacios de refugio y asistencia. Esta superficie debe cubrir los estándares de calidad zonal que el evento extremo pueda dañar. Destinado a eventos de inundación, no se descarta su utilidad para otros eventos climáticos extremos.	REF = (Superficie I.V. Perímetro / Habitantes Totales del Ámbito) REF = (SIVP / HT)		
Objetivo Estratégico		SIVP: Superficie I.V. en el Perímetro (m ²)		
Garantizar dentro del ámbito y próximo a él suficiente disponibilidad de I.V. para que puedan desplegarse los servicios asistenciales.		HT: Habitantes totales del ámbito (Nº)		
		Unidad de Medida (m ² /hab.)		
Método de Cálculo				
<p>- Superficie de la Infraestructura Verde dentro del Perímetro (SIVP): Corresponde con la superficie de I.V. libre de la acción prevista del evento climático extremo, sumando los espacios libres y zonas verdes dentro del perímetro de 500 metros.</p> <p>- Habitantes Totales del Ámbito (HT): Población residente real o potencial dentro del ámbito de estudio (tomando como referencia las condiciones urbanísticas).</p> <p>Se cartografiará un perímetro de 500 m (1/3 milla) graficiando y cuantificando la superficie de la I.V. disponible que esté libre de riesgo, y se comprobará la relación per cápita en m² de I.V. disponible respecto a los habitantes del ámbito afectado.</p>				
Parámetros de Referencia			Referencias y recursos	
No admisible	Admisible	Óptimo	<p>NYS (2014, p. 89) indica la necesidad de contar con centros asistenciales próximos (1/3 milla, 500 m) que incorporen infraestructura verde, dando respuesta a requisitos de espacio. En eventos de inundación, los centros asistenciales estarán fuera del área T:100.</p> <p>CASBEE (2015) establece como aceptables valores inferiores a 800 m y óptimos los de 300 m.</p> <p>Chan (2015) valora los "jardines comunitarios" de Nueva York como recurso para la asistencia post-desastre. Con esta misma idea Melgarejo & Lakes (2014); Villagra et al. (2014) establecen la capacidad de las zonas verdes como áreas de refugio provisional.</p> <p>FEMP (2015) establece como medida la introducción en el planeamiento de parámetros de equipamientos especiales para eventos extremos, con edificaciones resistentes y adaptadas para dar servicio. Las zonas verdes pueden ser parte de esta infraestructura asistenciales.</p>	
≤ 5 m ² /hab.	5 - 12 m ² /hab.	≥ 12 m ² /hab.		

4.3.4.5 REC. Capacidad Adaptativa basado en Ecosistemas (CA-REC)

Algunos autores han analizado la contribución que los servicios ecosistémicos ofrecen como estrategia adaptativa al cambio climático (Geneletti & Zardo, 2016; Maes et al., 2016). Las áreas de ordenación que incorporen estas estrategias ecosistémicas pueden enfocar sus medidas a tres riesgos clásicos; las oleadas de calor, las sequías y las inundaciones por pluviometría o por intrusión marina. En cuanto a las oleadas de calor, el diseño adecuado de la trama urbana, con la incorporación de corredores ecológicos tiene el potencial del convertirse en túneles de viento, conectando áreas más frescas de los bordes urbanos hacia las islas de calor. Igualmente, las conexiones ecosistémicas incrementan la vegetación urbana lo que determina mayor cobertura de sombra y mayor evapotranspiración, reduciendo la temperatura ambiental.

En cuanto a las inundaciones las estrategias de incremento de permeabilidad y renaturalización de los espacios con atributos ecosistémicos suponen medidas necesarias que deben ser contempladas en la normativa zonal. Igualmente es necesario la incorporación de ordenanzas específicas que favorezcan el uso de especies vegetales adaptadas a las condiciones climáticas en caso de sequías prolongadas. La erosión costera igualmente es un aspecto que puede ser reconducido con medidas basada en el entorno. Se concreta como recurso para este apartado el siguiente indicador:

REC: Conectividad Ecosistémica a Infraestructura Verde.

Conectividad Ecosistémica de la Infraestructura Verde			REC	
Tipo de Capacidad Adaptativa: Basado en Ecosistemas (CA-REC)				
Definición	Justificación	Fórmula y Parámetros de Cálculo		
Relación entre la infraestructura verde interconectada y la total del ámbito.	Esta estrategia de sostenibilidad tiene una aplicación directa como medida adaptativa, garantizando unas condiciones ambientales óptimas frente a la variabilidad climática. Para garantizar la conectividad de la I.V. urbana es necesario disponer de una continuidad lineal entre áreas verdes a través de calles que garanticen ciertas condiciones de arbolado continuo.	$REC = \frac{\text{Longitud de I.V. del Ámbito Conectada}}{\text{Longitud de I.V. del Ámbito}} \times 100$ $REC = \left[\frac{LIVC}{LIV} \times 100 \right]$		
Objetivo Estratégico		Garantizar una adecuada conectividad ecosistémica como complemento adaptativo del ámbito.	LIVC: Longitud I.V. Conectada (m) LIV: Longitud Total I.V. (m) Unidad de Medida (%)	
Método de Cálculo				
- Longitud de Infraestructura Verde del Ámbito Conectada (LIVC): Corresponde con la longitud de I.V. que se encuentra conectada entre sí dentro del ámbito. - Longitud de Infraestructura Verde del Ámbito (LIV): Corresponde con la longitud de la I.V. Se entiende por longitud de la I.V. a la línea que conecta los extremos opuestos de dos zonas verdes a través de una calle arbolada de al menos una densidad $\geq 0,2$ árboles / metro de calle. En áreas verdes, incluso las no conectadas, a efectos de cálculo, se considerará el lado mayor. Se evaluará primero dentro del ámbito y después exteriormente.				
Parámetros de Referencia			Referencias y recursos	
No admisible	Admisible	Óptimo	BREEAM (2013) (Indicador ECO 4) considera como situación óptima establecer o proteger las conexiones entre corredores ecológicos dentro y fuera del ámbito de actuación y aceptable si solo se alcanza dentro del ámbito. La Guía Metodológica del Gobierno de España (2012) establece a escala urbana el indicador EVB.05.29, cuyo criterio para considerar la capacidad de conectividad es tener una densidad de árboles $\geq 0,2$ árboles/metro de calle. Además, CASBEE (2015) establece para la protección de hábitats generar y proteger al menos el 3% de la superficie del ámbito y la existencia de corredores ecológicos conectados a anillos verdes. Complementariamente City of Toronto (2017) promueve restaurar o proteger el mayor valor de un mínimo del 50% del ámbito (excluyendo la superficie edificada) o el 20% del área total. Igualmente, STAR (2016) establece perímetros entre 60 – 70 m de seguridad a ecosistemas básicos (bosques, humedales)	
Inexistencia de Red Conectada al 100%	100% Red Conectada Internamente	100 % Red Conectada Externamente		

En síntesis, se propone el siguiente Marco de Evaluación de la Capacidad Adaptativa de la Infraestructura Verde:

Tabla 8. Propuesta de marco de indicadores de Capacidad Adaptativa y parámetros de referencia

Indicador	No Admisible	Admisible	Óptimo
Capacidad Adaptativa Global por Riesgos del Cambio Climático (CA-RG)			
RG1: Presencia de Zonas Verdes	<12 m ² /hab. < 25% del ámbito	12-20 m ² /hab. 25%-35% del ámbito	>20 m ² /hab. > 35% del ámbito
RG2: Grado de Accesibilidad a la Infraestructura Verde	< 90%	≥ 90%	100%
RG3: Grado de Participación de la Infraestructura Verde en el Control de Riesgos Climáticos	Uso residencial y otros usos sensibles sin protección	Existencia exclusiva de equipamientos públicos y/o uso residencial adaptado	100% ocupada por la I.V.
RG4: Grado de exposición de la población residente en el ámbito	< 100% adaptada	100% adaptada	0%
RG5: Demanda Hídrica de la Vegetación	> 100%	80%-100%	≤ 80%
Capacidad Adaptativa Específica por Isla de Calor (CA-RIC)			
RIC-1: Superficie adaptada al incremento de temperatura	< 50%	50%-75%	> 75%
RIC-2: Participación de la I.V. en la reducción de temperaturas	> 2,77 °C > 5 °F	< 2,77 °C < 5 °F	-
RIC-3: Cobertura de la I.V. en áreas Isla de Calor	< 20%	20% - 40%	≥ 40%
RIC-4: Presencia de vegetación de sombra dentro del área	< 30%	30% - 40%	≥ 40%
RIC-5: Grado de Arborización	< 0,1%	0,1% - 0,5%	> 0,5%
Capacidad Adaptativa Específica por Inundaciones (CA-RIN)			
RIN-1: Permeabilidad del Suelo	< 5%	5% - 50%	> 50%
RIN-2: Capacidad de Infiltración del Suelo	< 5 mm	5 - 25 mm	≥ 25 mm
Capacidad Adaptativa Específica por Subida del Nivel del Mar (CA-RSM)			
RSM: Protección frente a la subida del nivel del mar	< 65%	65% - 75%	≥ 75%
Capacidad Adaptativa Específica como Refugio Asistencial (CA-REF)			
REF: Disponibilidad de la I.V. como Refugio	≤ 5 m ² /hab.	5 - 12 m ² /hab.	≥ 12 m ² /hab.
Capacidad Adaptativa basado en Ecosistemas (CA-REC)			
REC: Conectividad Ecosistémica a Infraestructura Verde.	Inexistencia de Red Conectada al 100%	100% Red Conectada Internamente	100 % Red Conectada Externamente

Fuente: Elaboración propia

A partir de la propuesta de indicadores, apoyada en la literatura previa y en la conjunción de los criterios de las diferentes certificaciones de sostenibilidad, con el objetivo de verificar su aplicabilidad, se traslada a dos casos de estudio representativos que permitan identificar las posibles deficiencias o ventajas para la evaluación de la adaptación.

5 CONCLUSIONES

Para la comprensión del alcance de las capacidades de la infraestructura verde como recurso para encarar los riesgos derivados del cambio climático es necesaria una aproximación a las soluciones de diseño adaptativo planteadas en la escala urbana. Utilizando las estrategias e indicadores identificados en la literatura, se analizan los valores necesarios de sus condiciones espaciales y los parámetros ideales o mínimos de referencia consensuados y validados por organismos oficiales. El marco de indicadores ha sido aplicado a los casos de estudio, en todos aquellos indicadores que ha sido posible, dada la información existente en cada caso. A partir de la experiencia de aplicación de la metodología a casos concretos, se advierten las fuentes necesarias, las herramientas adecuadas, y también las carencias y limitaciones del método propuesto. La aplicación empírica permite finalmente identificar los indicadores idóneos y perfeccionar para su transferibilidad los mecanismos propuestos para su implementación y así validar una propuesta metodológica mejorada.

Por otro lado, añadido al objetivo de avance metodológico descrito, la aplicación a los casos de estudio también permite identificar conclusiones relevantes sobre el propio contenido de algunas acciones. La similitud de las condiciones de partida de los casos, en cuanto a su exposición a los riesgos y características urbanas, permite un análisis comparado y la extracción de variables concretas de sus espacios verdes.

Desde el análisis de las *capacidades adaptativas* de los sectores urbanos amenazados por el cambio climático, es posible una valoración objetiva de su aportación. Este método de análisis objetivo también facilita el aprendizaje de casos ejemplares o proyectos de reforma urbana representativos, en los que se ha observado una exposición a los riesgos evidente. La aplicación de una batería de indicadores basados en un análisis espacial de las propuestas de reforma de sectores urbanos vulnerables puede proporcionar un diagnóstico objetivo. Con ello, es posible identificar las carencias o posibles mejoras complementarias de las medidas adaptativas que deben ejecutarse para alcanzar unas adecuadas condiciones de equilibrio frente al cambio climático.

A diferencia de la utilización de indicadores de seguimiento, que requieren la comprobación cada cierto tiempo de los datos obtenidos para observar la existencia de una evolución positiva, los indicadores de resultado, como los ofrecidos en esta investigación, asociados a parámetros concretos, permiten una evaluación inmediata y directa de la capacidad de adaptación del entorno construido.

No obstante, en el desarrollo de la evaluación han aparecido ciertas dificultades, especialmente en la aplicación de los indicadores RG5 (Demanda Hídrica) y RIC-2

(Reducción de Temperatura Isla de Calor). La inexistencia de información primaria limita la posibilidad de calcular los valores finales. Esta limitación indica la necesidad de incorporar estos parámetros en la definición de proyecto.

Los indicadores RG1, RG2, RG3, RSM, REF y REC son calculables de forma directa con la planimetría adecuada. También se ha detectado dificultades en los siguientes indicadores:

RG4 (Grado de Exposición de la Población) debido al análisis previo de capacidad adaptativa de los inmuebles de los ámbitos de estudio, en sectores construidos requiere un laborioso trabajo de campo identificando cada inmueble y su capacidad para lidiar frente a eventos extremos. En los nuevos desarrollos se debe confirmar la capacidad adaptativa de cada edificación. Es necesario crear de forma sistemática una lista de chequeo para valorar estas capacidades en función de los riesgos previstos.

RIC1, RIC3, RIC4, RIC 5 y RIN 1 requieren de una exhaustiva toma de datos en caso de conjuntos urbanizados previamente y, una correcta definición en los proyectos de nueva ejecución. Las diferentes variables a aportar no son complejas, pero sí es probable que el volumen de información necesario para desarrollar los cálculos comprometa el resultado de los indicadores como el grado de exigencia a la hora de transmitir la información. El indicador RIN 2 (Capacidad de Infiltración) tiene mayor complejidad debido a los cálculos de escorrentía y la necesidad previa de determinar el volumen de captación y las características de los terrenos que tiene como cometido esta función.

La mayoría de los indicadores ofrecen resultados directos gracias a la sencillez en la obtención de los datos. La generación de capas vectoriales para las superficies de cálculo permite obtener los valores de forma instantánea. Si bien, esta característica supone una gran ventaja, también implica el inconveniente de la necesidad de que se realice una exhaustiva toma de datos con el objeto de evitar conflictos o inexactitudes en las variables de cálculo. Los resultados obtenidos para los casos de estudio permiten considerar la idoneidad en el empleo de estos indicadores para obtener una primera evaluación de la capacidad adaptativa urbana.

En cualquier caso, la metodología propuesta y los parámetros identificados han tratado de valorar de forma objetiva el grado de adaptabilidad de los sectores urbanos a un evento extremo derivado del cambio climático. Se ha dirigido la investigación hacia la profundización en las relaciones directas que existen entre el diseño urbano, la planificación urbanística y los impactos derivados del cambio climático. Se ha detectado, a su vez, la necesidad de incorporar la cuestión climática y sus impactos futuros a la disciplina urbanística, observándose un déficit importante de conocimiento sobre esta cuestión entre los profesionales vinculados a la profesión. Por otro lado, existe una demanda institucional para recabar información de nuevos métodos con el objeto de generar un planeamiento resiliente al clima y un corpus de indicadores y parámetros de evaluación que permitan guiar las acciones de adaptación y desarrollar estándares normativos de obligado cumplimiento. La integración de la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbanístico se presenta como una necesidad inmediata ante la virulencia de los fenómenos extremos

observados en los últimos años. Las previsiones no son muy diferentes, la repetición de fenómenos intensos sobre el territorio y las ciudades será una constante, especialmente si, como todo apunta, superamos el límite de incremento máximo de 2°C establecido por las diferentes cumbres que sobre el clima se han realizado. Por tanto, además de las acciones encaminadas a la reducción de las emisiones y a la definición de estrategias de sostenibilidad urbana, una nueva cultura de la prevención frente al cambio climático se deberá instaurar en la práctica urbanística con nuevas metodologías y sistemas de evaluación que deberán desarrollarse en las próximas décadas.

6 BIBLIOGRAFÍA

Araos, M., Berrang-Ford, L., Ford, J. D., Austin, S. E., Biesbroek, R., Lesnikowski, A. (2016). Climate change adaptation planning in large cities: A systematic global assessment. *Environmental Science & Policy*, 66: 375-382. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.009>

Ayuntamiento de Zaragoza (2017): *Plan Director de Infraestructura Verde de Zaragoza*. <https://www.zaragoza.es/sede/portal/medioambiente/planinfraverde/#doc>

Barron, S., Canete, G., Carmichael, J., Flanders, D., Pond, E., Sheppard, S., Tatebe, K. (2012). A climate change adaptation planning process for low-lying, communities vulnerable to sea level rise. *Sustainability*, 4 (9), pp. 2176-2208. <https://doi.org/10.3390/su4092176>

Benévolo, L. (1981). *Orígenes del urbanismo moderno*. Biblioteca Básica de Arquitectura, Editorial H. Blume. (Primera Edición: "Le origini dell'urbanistica moderna" (1963) Editrice Laterza).

BREEAM (2013). *BREEAM ES Urbanismo 2012. V. β. Manual Técnico*. Fundación Instituto Tecnológico de Galicia, BREEAM España, La Coruña, 335 pp.

Carter, J.G., Cavan, G., Connelly, A., Guy, S., Handley, J., Kazmierczak, A. (2015). Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Progress in Planning*, 95, pp. 1-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2013.08.001>

CASBEE (2015). *CASBEE for Urban Development. Comprehensive Assessment System for Built Environment*. Technical Manual 2014. Institute for Building Environment and Energy Conservation, Tokyo, 99 pp.

Chan, J., DuBois, B., Tidball, K.D. (2015). Refuges of local resilience: Community gardens in post-Sandy New York City. *Urban For. Urban Gree*. 14, 625-635. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2015.06.005>

City of Philadelphia (2014). *City of Philadelphia Green Streets Design Manual*. Mayors Office of Transportation and Utilities, 95 pp.

City of Toronto (2017). *Toronto Green Standard. Making a Sustainable City Happen*. Version 2.1. Toronto, Canada, 20 pp.

Crane, R., & Landis, J., (2010). Planning for Climate Change: Assessing Progress and Challenges. *Journal of the American Planning Association*, 76(4): 389-401. <https://doi.org/10.1080/01944363.2010.512036>

Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazábal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhawe, A.G., Mittal, N., Feliú, E., Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate

change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *J. Environ. Manage.* 146, 107-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>

European Commission (2016). *Urban Agenda for the EU, Pact of Amsterdam, 2016*. http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/policy/themes/urban-development/agenda/pact-of-amsterdam.pdf

FEMP (2015). *Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano*. Guía metodológica. Ed. Federación Española de Municipios y Provincias, Madrid, 208 pp.

Fernández de Gatta, D. (2018). La Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas: Un Nuevo Instrumento para proteger la Biodiversidad. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 81. Sección "Comentarios". 62 pp.

Foster, J., Lowe, A., Winkelman, S. (2011). *The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation*. Center for Clean Air Policy, February, Washington, DC. http://ccap.org/assets/The-Value-of-Green-Infrastructure-for-Urban-Climate-Adaptation_CCAP-Feb-2011.pdf.

Gallastegui, C.M., González-Eguino, M. (2008). El clima de la Tierra: un bien público que debemos conservar. *Ekonomi Gerizan*, Federación de Cajas de Ahorros Vasco-Navarras, 15: 56-66.

García, F., Solecki, W.D., Ribalaygua, C. (2018). Climate change adaptation in Europe and the United States: A comparative approach to urban green spaces in Bilbao and New York City. *Land Use Policy*, 79: 164-173. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.010>

Georgescu, M., Morefield, P. E., Bierwagen, B. G., Weaver, C. P. (2014). Urban adaptation can roll back warming of emerging megapolitan regions. *Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America*, 111 (8): 2909-2914. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322280111>

GIZ (2014). *Repositorio de Indicadores de Adaptación. Casos reales de sistemas de Monitoreo y Evaluación nacionales*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, Gobierno de Alemania, Bonn, 72 pp.

Gobierno de Cantabria (2016). *Plan Regional de Ordenación Territorial. Documento Base*. Santander.

Gobierno de Cantabria (2017). *Plan Regional de Ordenación Territorial. Documento de Avance (Determinaciones)*. Santander.

Gobierno de España (2006). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 59 pp.

Gobierno de España (2012). *Certificación del Urbanismo Ecológico. Guía Metodológica para los Sistemas de Auditoría, Certificación o Acreditación de la Calidad y Sostenibilidad en el Medio Urbano*. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. Ed. Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento, Madrid, 657 pp.

IADB (2016). *Methodological Guide, Emerging and Sustainable Cities*. (Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles: Tercera edición: Anexo de indicadores). InterAmerican Development Bank, Spanish Version, Third Edition, 232 pp.

IADB-Findeter (2017). *Estudios base Municipio de Popayán, Cauca. Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas. Informe Final, Módulo 3: Estudio de Crecimiento Urbano*. Fundación para la Investigación del Clima (FIC). Área de Urbanismo. Inter-American Development Bank, Washington, 256 pp.

Ihobe (2012) *Manual de Planeamiento Urbanístico de Euskadi para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Bilbao.

Jones, S., Somper, C. (2013). The role of green infrastructure in climate change adaptation in London. *Geogr. J.* 180, 191–196. <http://dx.doi.org/10.1111/geoj.12059>

Kabisch, N., Strohbach, M., Haase, D., Kronenberg, J. (2016). Urban green space availability in European cities. *Ecol. Indic.*, 70 (November), 586–596. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.029>

Kallaos, J., Acre, F., Lobaccaro, G., Landa, N., Ferrara, F., Wyckmans, A. (2015). *D2.4 Adaptation measures and corresponding indicators for resilient architecture and infrastructure*. RAMSES Project, Reconciling Adaptation, Mitigation and Sustainable Development for Cities (Grant Agreement nº 308497), WP 2: Taxonomy of architecture and infrastructure indicators, 58 pp.

Kielbaso, J. J. (2008). Management of Urban Forests in the United States. In: Carreiro, M. M., Song, Y. C., Wu, J. (Eds.), *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests*. Springer, New York, NY, pp. 240-258. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71425-7_15

LCC (2017). *Living Community Challenges 1.2. A Visionary Path to a Regenerative Future*. The International Living Future Institute, Seattle, 62 pp.

Lovell, S.T., Taylor, J.R. (2013). Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States. *Landscape Ecology*, 28 (8), pp. 1447-1463. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9912-y>

Makhelouf, A. (2009). The Effect of Green Spaces on Urban Climate and Pollution. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 6(1): 35-40.

Mata, L. J., Budhooram, J. (2007). Complementarity between mitigation and adaptation: the water sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12: 799–807, <https://doi.org/10.1007/s11027-007-9100-y>

Matos, M.C. (2016). *Public space design for flooding: Facing the challenges presented by climate change adaptation*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 497 pp.

Matthews, T., Lo, A.Y., Byrne, J.A. (2015). Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation: Barriers to adoption and drivers for uptake by spatial planners. *Landscape and Urban Planning*. 138, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.010>

McPherson, E. G., Rowntree, R. A. (1989). Using Structural Measures to Compare Twenty Two U.S. Street Tree Populations. *Landscape Journal* 8 (1), 13-23. <http://dx.doi.org/10.3368/lj.8.1.13>

Melgarejo, L.-F., Lakes, T. (2014). Urban adaptation planning and climate-related disasters: An integrated assessment of public infrastructure serving as temporary shelter during river floods in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 9: 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.05.002>

Naciones Unidas (2016). *Nueva Agenda Urbana. ONU-Hábitat III*. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/New-Urban-Agenda-GA-Adopted-68th-Plenary-N1646660-S.pdf>

Natural England (2010). *'Nature Nearby' Accessible Natural Greenspace Guidance*, 98 pp. http://www.ukmaburbanforum.co.uk/documents/other/nature_nearby.pdf

NYC (2010). *NYC Green Infrastructure Plan. A Sustainable Strategy for Clean Waters Environmental Protection*, 141 pp. http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infrastructure/NYCGreenInfrastructurePlan_LowRes.pdf

NYS (2014). *Red Hook, NY Rising Community Reconstruction Plan*. New York State, Governor's Office of Storm Recovery, New York, 191 pp. http://stormrecovery.ny.gov/sites/default/files/crp/community/documents/redhook_nyrcr_plan_73mb_0.pdf

RECC (2008). *Estrategia Local de Cambio Climático*. Red Española Ciudades por el Clima, Madrid, 670 pp.

Shaw, A., Sheppard, S., Burch, S., Flanders, D., Wiek, A., Carmichael, J., Robinson, J., Cohen, S. (2009). Making local futures tangible-Synthesizing, downscaling, and visualizing climate change scenarios for participatory capacity building. *Global Environmental Change*, 19 (4), pp. 447-463. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.04.002>

Solomon, S., Plattner, G-K., Knutti, R., Friedlingstein, P. (2009). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the national Academic of Sciences of the United States of America PNAS*, 106(6): 1704 –1709. <https://doi.org/10.1073pnas.0812721106>

STAR (2016). *STAR Community Rating System Version 2.0. Sustainability Tools for Assessing & Rating Communities*, Washington, 143 pp.

Unión Europea (2014). *Construir una infraestructura verde para Europa*. Bruselas, Bélgica, 24 pp. doi:10.2779/2738. <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>

USGBC, 2018. *LEED v4 for Neighborhood Development*. LEED ND: Plan/LEED ND: Built Project. US Green Building Council, USA, 103 pp.

Van den Bosch, M. A., Mudu, P., Uscila, V., Barrdahl, M., Kulinkina, A., Staatsen, B., Swart, W., Kruize, H., Zurlyte, I., Egorov, A.I. (2016). Development of an urban green space indicator and the public health rationale. *Scand. J. Public Health*. 44 (2), 159-167. <http://dx.doi.org/10.1177/1403494815615444>

Villagra, P., Rojas, C., Ohno, R., Xue, M., Gómez, K. (2014). A GIS-base exploration of the relationships between open space systems and urban form for the adaptive capacity of cities after an earthquake: The cases of two Chilean cities. *Applied Geography*, 48, pp. 64-78. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.01.010>

LOS CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA El departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, lleva publicando desde el año 1993 la revista Cuadernos Investigación Urbanística, (Ci[ur]), para dar a conocer trabajos de investigación realizados en el área del Urbanismo, la Ordenación Territorial, el Medio Ambiente, la Planificación Sostenible y el Paisaje. Su objetivo es la difusión de estos trabajos. La lengua preferente utilizada es el español, aunque se admiten artículos en inglés, francés, italiano y portugués.

La publicación presenta un carácter monográfico. Se trata de amplios informes de la investigación realizada que ocupan la totalidad de cada número sobre todo a aquellos investigadores que se inician, y que permite tener accesibles los aspectos más relevantes de los trabajos y conocer con bastante precisión el proceso de elaboración de los mismos. Los artículos constituyen amplios informes de una investigación realizada que tiene como objeto preferente las tesis doctorales leídas relacionadas con las temáticas del Urbanismo, la Ordenación Territorial, el Medio Ambiente, la Planificación Sostenible y el Paisaje en las condiciones que se detallan en el apartado "Publicar un trabajo".

La realización material de los Cuadernos de Investigación Urbanística está a cargo del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. El respeto de la propiedad intelectual está garantizado, ya que el registro es siempre en su totalidad propiedad del autor y, en todo caso, con autorización de la entidad pública o privada que ha subvencionado la investigación. Está permitida su reproducción parcial en las condiciones establecidas por la legislación sobre propiedad intelectual citando autor, previa petición de permiso al mismo, y procedencia.

Con objeto de verificar la calidad de los trabajos publicados los originales serán sometidos a un proceso de revisión por pares de expertos pertenecientes al Comité Científico de la Red de Cuadernos de Investigación Urbanística (RCi[ur]). Cualquier universidad que lo solicite y sea admitida por el Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Universidad Politécnica de Madrid (DUYOT) puede pertenecer a esta red. Su único compromiso es el nombramiento, como mínimo, de un miembro de esa universidad experto en el área de conocimiento del Urbanismo, la Ordenación Territorial, el Medio Ambiente, la Planificación Sostenible y el Paisaje para que forme parte del Comité Científico de la revista y cuya obligación es evaluar los trabajos que se le remitan para verificar su calidad.

A juicio del Consejo de Redacción los resúmenes de tesis o partes de tesis doctorales leídas ante el tribunal correspondiente podrán ser exceptuados de esta revisión por pares. Sin embargo dicho Consejo tendrá que manifestarse sobre si el resumen o parte de tesis doctoral responde efectivamente a la aportación científica de la misma.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Las condiciones para el envío de originales se pueden consultar en la página web:
<http://www2.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/publicaciones/ciurpublicar.html>

FORMATO DE LAS REFERENCIAS

Monografías: APELLIDOS (S), Nombre (Año de edición). Título del libro (Nº de edición). Ciudad de edición: Editorial (Traducción castellano, (Año de edición), Título de la traducción, Nº de la edición. Ciudad de edición: editorial).

Partes de monografías: APELLIDOS (S), Nombre (Año de edición). "Título de capítulo". En: Responsabilidad de la obra completa, Título de la obra (Nº de edición). Ciudad de edición: Editorial.

Artículos de publicaciones en serie: APELLIDOS (S), Nombre (Año de publicación). "Título del artículo", Título de la publicación, Localización en el documento fuente: volumen, número, páginas. Se deberá indicar el DOI de todas las publicaciones consultadas que dispongan del mismo. Así como el número ORCID del autor.

CONSULTA DE NÚMEROS ANTERIORES/ACCESS TO PREVIOUS WORKS

La colección completa se puede consultar en color y en formato pdf en siguiente página web:
The entire publication is available in pdf format and full colour in the following web page:

<http://www2.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/institucional/publicaciones/ciur/numeros-publicados/>

ÚLTIMOS NÚMEROS PUBLICADOS:

- 121 Sara González Moratiel:** La ciudad y la estética: siete maneras de pensar la belleza, 67 páginas, diciembre 2018.
- 120 Eduardo de Santiago Rodríguez e Isabel González García:** Condiciones de la edificación de vivienda aislada en suelo no urbanizable. Estudio de su regulación normativa, 84 páginas, octubre 2018.
- 119 Jorge Carretero Monteagudo:** Metodología para rehabilitación de grandes centros comerciales, 95 páginas, agosto 2018.
- 118 Mirian Alonso Naveiro:** "El modelo "sostenible" heredado por los instrumentos de sostenibilidad", 78 páginas, junio 2018.
- 117 Inmaculada Martín Portugués:** "Mértola Vila Museu. Modelo rural de difusión del Patrimonio Cultural", 80 páginas, abril 2018.
- 116 Reyes Gallegos Rodríguez:** "Hacia un urbanismo emergente: La ciudad viva", 84 páginas, febrero 2018.
- 115 Carmen Moreno Balboa:** "Urbanismo colaborativo", 100 páginas, diciembre 2017.
- 114 Ricardo Alvira Baeza:** "Segregación espacial por renta. Concepto, medida y evaluación de 11 ciudades españolas", 101 páginas, octubre 2017.
- 113 Carlos Alberto Tello Campos:** "Revitalización urbana y calidad de vida en el sector central de las ciudades de Montreal y México", 69 páginas, agosto 2017.
- 112 Andrea González:** "Valores compositivos fundamentales del jardín privado chino o la mirada urbana sobre el paisaje a lo largo de su historia hasta la Revolución de 1949", 74 páginas, junio 2017.
- 111 Pedro Górgolas Martín:** "Burbujas inmobiliarias y planeamiento urbano en España: Una amistad peligrosa", 71 páginas, abril 2017.
- 110 Lourdes Jiménez:** "Dinámicas de ocupación urbana del anillo verde metropolitano de Madrid", 80 páginas, febrero 2017.
- 109 Manuel Fernández González:** "La Smart-city como imaginario socio-tecnológico", 72 páginas, noviembre 2016.



PROGRAMA OFICIAL DE POSGRADO EN ARQUITECTURA

MASTER PLANEAMIENTO URBANO Y TERRITORIAL

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

COORDINADORA DEL MÁSTER: Ester Higuera García

PERIODO DE DOCENCIA: Septiembre - Julio

MODALIDAD: Presencial y tiempo completo

NUMERO DE PLAZAS: 40 plazas

CREDITOS: 60 ECTS

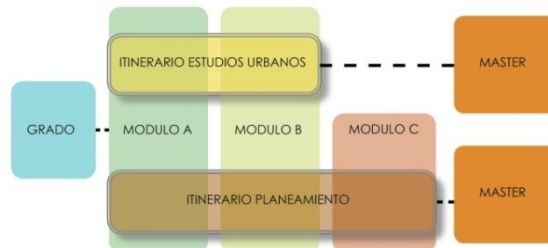
El Máster se centra en la comprensión, análisis, diagnóstico y solución de los problemas y la identificación de las dinámicas urbanas y territoriales en curso, atendiendo a las dos dimensiones fundamentales del fenómeno urbano actual: por un lado, el proceso de globalización y, por otro lado, las exigencias que impone la sostenibilidad territorial, económica y social. Estos objetivos obligan a insistir en aspectos relacionados con las nuevas actividades económicas, el medio físico y natural, el compromiso con la producción de un espacio social caracterizado por la vida cívica y la relación entre ecología y ciudad, sin olvidar los problemas recurrentes del suelo, la vivienda, el transporte y la calidad de vida. Estos fines se resumen en la construcción de un espacio social y económico eficiente, equilibrado y sostenible. En ese sentido la viabilidad económica de los grandes despliegues urbanos y su metabolismo se confrontan con modelos más maduros, de forma que al estudio de las técnicas habituales de planificación y gestión se añaden otras nuevas orientaciones que tratan de responder a las demandas de complejidad y sostenibilidad en el ámbito urbano.

El programa propuesto consta de un Máster con dos especialidades:

- Especialidad de Planeamiento Urbanístico (Profesional)
- Especialidad de Estudios Urbanos (Investigación Académica)

Se trata de 31 asignaturas agrupadas en tres módulos:

- MÓDULO A. Formación en Urbanismo.
- MÓDULO B. Formación en Estudios Urbanos e Investigación.
- MÓDULO C. Formación en Planeamiento.



PROFESORADO:

Eva Álvarez de Andrés
Carmen Andrés Mateo
Sonia de Gregorio Hurtado
José María Ezquiaga Domínguez
José Fariña Tojo

José Miguel Fernández Güell
Isabel González García
Agustín Hernández Aja
Ester Higuera García
Francisco José Lamiquiz

Emilia Román López
Inés Sánchez de Madariaga
Llanos Masía González
Javier Ruiz Sánchez
Álvaro Sevilla Buitrago

ENTIDADES COLABORADORAS:

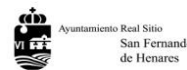


ci[ur]

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA



Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España



CONTACTO: masterplaneamiento.arquitectura@upm.es
<https://duyot.aq.upm.es/master/muput>

Otros medios divulgativos del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio:

urban

REVISTA del DEPARTAMENTO de URBANÍSTICA y ORDENACIÓN del TERRITORIO
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

PRESENTACIÓN SEGUNDA ÉPOCA

DESDE el año 1997, **URBAN** ha sido vehículo de expresión de la reflexión urbanística más innovadora en España y lugar de encuentro entre profesionales y académicos de todo el mundo. Durante su primera época la revista ha combinado el interés por los resultados de la investigación con la atención a la práctica profesional, especialmente en el ámbito español y la región madrileña. Sin abandonar dicha vocación de saber aplicado y localizado, la segunda época se centra en el progreso de las políticas urbanas y territoriales y la investigación científica a nivel internacional.

CONVOCATORIA PARA LA RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS:

Urban mantiene abierta una convocatoria permanente para la remisión de artículos de temática relacionada con los objetivos de la revista: Para más información:

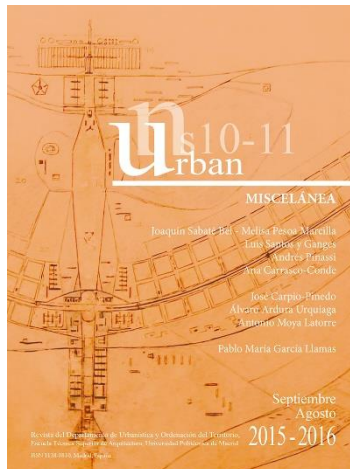
<http://www2.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/institucional/publicaciones/urban/ns/instrucciones-para-autores/>

Por último, se recuerda que, aunque La revista **URBAN** organiza sus números de manera monográfica mediante convocatorias temáticas, simultáneamente, mantiene siempre abierta de forma continua una convocatoria para artículos de temática libre.

DATOS DE CONTACTO

Envío de manuscritos y originales a la atención de Javier Ruiz Sánchez: urban.arquitectura@upm.es

Página web: <http://polired.upm.es/index.php/urban>

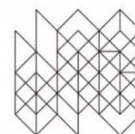


Web del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio:

<https://duyot.aq.upm.es/>

Donde figuran todas las actividades docentes, divulgativas y de investigación que se realizan en el Departamento con una actualización permanente de sus contenidos.

territorios en formación



NE|RE|AS
NET RESEARCH
ASSOCIATION
ETSAM UPM

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

Territorios en formación constituye una plataforma de divulgación de la producción académica relacionada con los programas de postgrado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la ETSAM-UPM proporcionando una vía para la publicación de los artículos científicos y los trabajos de investigación del alumnado y garantizando su excelencia gracias a la constatación de que los mismos han tenido que superar un tribunal fin de máster o de los programas de doctorado del DUyOT.

Así, la publicación persigue dos objetivos: por un lado, pretende abordar la investigación dentro del ámbito de conocimiento de la Urbanística y la Ordenación del Territorio, así como la producción técnica de los programas profesionales relacionados con ellas; por otro, promueve la difusión de investigaciones o ejercicios técnicos que hayan sido planteados desde el ámbito de la formación de postgrado. En este caso es, principalmente, el Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio el que genera esta producción, gracias a la colaboración con la asociación Ne.Re.As. (Net Research Association / Asociación Red Investiga, asociación de investigadores de urbanismo y del territorio de la UPM), que, por acuerdo del Consejo de Departamento del DUyOT, es la encargada de la edición de la revista electrónica.

DATOS DE CONTACTO

Ana Sanz Fernández y Ana Díez Bermejo (Editoras): ana.sanz@upm.es, ana.diez@upm.es.

Página web: <http://polired.upm.es/index.php/territoriosenformacion>

