

LA INFRAESTRUCTURA VERDE (URBANA) COMO ESTRATEGIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Pedro Calaza Martínez¹

RESUMEN

La infraestructura verde emerge como una herramienta necesaria y vital que pretende solucionar muchos de los problemas territoriales, sociales y ambientales. El imperativo comunitario recogido en la *Estrategia europea de infraestructura verde* se ha traducido en la reciente publicación de la *Estrategia nacional de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas*, que activa una cuenta atrás de tres años para que las comunidades autónomas aprueben las suyas. En ese documento, se definen las competencias de los ayuntamientos y de otras entidades locales como cabildos, consells insulares y diputaciones, en la delimitación e identificación de los elementos de la Infraestructura Verde, su planificación y gestión, y su coordinación intermunicipal. Es decir, se trata de una apuesta multiescalar (espacial y administrativa) y multiobjetivo.

En este trabajo, se aborda el contexto y se revisa desde un prisma internacional el concepto de infraestructura verde, sus características principales, su anatomía y elementos que la forman. Se introduce el contenido de la Carta de Santander, explicando el decálogo fundamental que persigue alcanzar una mejor biodiversidad, infraestructura verde y planificación territorial. De la misma forma, se tratan los servicios ecosistémicos que proporciona y se ahonda en las implicaciones para hacer frente a los efectos negativos del cambio climático, exponiendo numerosos ejemplos de experiencias reales y de documentos propositivos de soluciones para integrar en diferentes contextos.

Palabras clave: infraestructura verde, cambio climático, resiliencia, salud, ODS, planificación territorial.

SUMARIO

1. Introducción. 2. El contexto. 3. La infraestructura verde. 3. Una aproximación conceptual. 3.1. Unas reflexiones sobre infraestructura azul. 3.2. Componentes de la infraestructura verde urbana y periurbana. 3.3. Los servicios ecosistémicos de la IVU y los ODS. 3.3.1. La Carta de Santander. 4. La infraestructura verde frente al cambio climático. Servicios implicados. 4.1. Efectos del Cambio Climático. 5. Casos de estudio de IV frente al CC. 5.1. Caso de estudio a gran escala. Acuerdo del Corredor Verde del Bajo Danubio. 5.2. Casos de estudios urbanos. 5.3. Proyectos y recomendaciones técnicas. 6. Conclusiones. 7. Referencias.

1. Introducción

El caos es la ley de la naturaleza, el orden es el sueño del hombre. Henry Adams.

La cultura popular y las creencias antiguas son una buena fuente de datos y, en ocasiones, de lecturas que perduran en el tiempo, aunque no siempre coincidentes con su forma primigenia. Un ejemplo anecdótico aparece en tratados antiguos de demonología donde se cita a un ente demoníaco llamado *Abducivus* que se dedicaba, entre otras cosas, a arrancar árboles y aplastar a las personas con ellos. La lectura que

podemos hacer es que, si arrancamos árboles, si borramos la naturaleza de nuestros entornos de vida, las consecuencias para la salud y el bienestar pueden ser irreversibles... El ser humano precisa interactuar, contactar y sentir los elementos naturales. Un ejemplo claro, desde un prisma quizás más mental o psicológico, lo hemos vivido recientemente con la necesidad de disfrutar de los espacios verdes durante el confinamiento del COVID19. Lo que es evidente es que esas consecuencias de difuminar o eliminar derivan no sólo de la merma de los beneficios ambientales directos sino también de las

¹ Director de la Escuela Gallega del Paisaje. Fundación Juana de Vega.

implicaciones reales negativas de los efectos del ¿indomable? cambio climático. Este artículo precisamente trata de abordar el impacto de ese proceso y de cómo podemos revertirlo (adaptarlo + mitigarlo) con una herramienta de planificación territorial que persigue precisamente lo contrario que Abducus, la **infraestructura verde**.

2. El contexto

Las soluciones para los asentamientos humanos y la ordenación y uso del territorio han ido evolucionando o involucionando, depende de cómo lo analicemos, a lo largo de la historia ofreciendo escenarios de lo más variopinto. Lamentablemente, en muchas ocasiones los cerebros humanos (algunos dicen que son funcionales) no han sabido elegir o aportar la mejor solución, ni en entornos urbanos ni en la planificación de las infraestructuras lineales ni en la ¿ordenación? del territorio. Este inadecuado desarrollo territorial o planificación ha generado y genera una gran cantidad de problemas como son la fragmentación y degradación de hábitats, la pérdida de biodiversidad, la contaminación del agua y el aire, el abandono de aprovechamientos agrícolas tradicionales, la expansión de plantaciones forestales de monocultivo, la degradación del paisaje y, en definitiva, una pérdida del funcionamiento ecológico del territorio. A ello hay que sumarle la pérdida de bosques, la extinción de especies, la sobrepoblación (especialmente en las urbes), la dependencia económica de la energía de fósiles y el calentamiento global y, por supuesto, una aceleración de los procesos vinculados a los efectos del cambio climático, especialmente en medios construidos.

En entornos urbanos, resulta evidente que, en general, se ha ido difuminando todo atisbo de naturaleza y se han ido generando islas de asfalto o, como bien definía Ann Spirn (1984) "Jardines de granito", agravando aún más la situación en nuestros entornos más próximos. No es casualidad que en la primera Comunicación de la UE sobre infraestructura verde (UE,

2013) se subrayase su especial necesidad en las ciudades, donde vive ya más del 54% de la población mundial (Naciones Unidas, 2018), en nuestro país casi el 80% (Banco mundial, 2018). ¿Por qué? ¿Para qué? Para precisamente aprovecharnos de las enormes ventajas que proporciona, de los servicios ecosistémicos que tan citados son últimamente, aunque en realidad eran obvios, muy conocidos, pero ese término no estaba de "moda" ... Es curioso el cambio de las modas en el plano ambiental, primero la ecología, después la sostenibilidad, los servicios ecosistémicos, la salud... sobre ello volveremos más adelante. Lo que es evidente es que la infraestructura verde es una herramienta ideal para cambiar la forma de ordenar nuestros espacios de vida, representa una solución a una necesidad imperiosa de recuperar planteamientos más conciliadores para generar espacios de vida más amables y gestionados desde un prisma más racional.

En la situación surrealista en la que nos encontramos debido a la pandemia del COVID19, se percibe más que nunca que una mala planificación urbana, en especial de sus elementos de infraestructura verde, conlleva muchos problemas, quizás hasta ahora ocultos o menos percibidos que deben ser afrontados. Puede que haya un antes y un después en la movilidad, el diseño urbano, la equidad de medios y espacios, la justicia ambiental, etc.... y precisamente una estrategia de infraestructura verde puede aportar muchas ventajas, muchas de ellas, como veremos, vinculadas directamente a los procesos para hacer frente al cambio climático.

En este escenario actual, resulta prioritario garantizar una buena distribución de espacios verdes urbanos accesibles, equitativos especialmente, inclusivos y funcionales ecológicamente. La pandemia puede suponer una oportunidad para mejorar el diseño y gestión urbanos en coherencia con esa necesidad humana de confort ambiental, sosiego, ocio, recreo y salud. De hecho, se ha puesto de manifiesto no sólo en España sino en casi todos los países un

aumento en la demanda de viviendas en entornos más naturales, más rurales en detrimento de las ciudades.... Una reflexión que podemos hacer en este caso es que la naturaleza es una de nuestras necesidades primarias, aunque a veces sólo se entienda por algunos desde un prisma utilitario, es decir, no simbiótico, aparte obviamente de esa vinculación psicológica innata hacia otros seres vivos que magistralmente introdujeron Erich Fromm (1964, 1973) y Edward Wilson (1984).

Biophilia is the passionate love of life and of all that is alive; it is the wish to further growth, whether in a person, a plant, an idea, or a social group (Fromm, 1973).

La infraestructura verde y la azul son una necesidad, sencillamente por los grandes y variados servicios que nos aportan, sin embargo, no hemos correspondido bien, a lo largo de la historia hemos castigado cruelmente a ambas infraestructuras, probablemente por esa idea antropocentrista o simplemente por ignorancia, no por la racional² (Brennan, 2019), sino por la otra, por la ignorancia de verdad. Un ejemplo claro son los ríos, desde siempre la humanidad se ha ido asentado a su lado, lógicamente el agua es fuente de vida, de salubridad y flujo ecológico...pero después los hemos contaminado, entubado, eliminado, etc.... Por ello, es tiempo y momento de reflexión y de apostar por el uso de la infraestructura verde y azul en el contexto del diseño del siglo XXI, en especial en consonancia con los objetivos de desarrollo sostenible, el cambio climático y los escenarios inciertos condicionados por posibles pandemias.

3. La infraestructura verde. Una aproximación conceptual

Hoy en día, la infraestructura verde es un término que se utiliza de forma profusa, aunque

en muchas ocasiones de forma imprecisa, ¿qué es realmente la infraestructura verde?

Actualmente, el concepto de infraestructura verde es muy *cool*, parece que estamos atravesando una tormenta de estrategias o de carreras para ver qué ciudad es la más verde, pero no se trata de ser sólo verde, se trata de muchas más cosas y la primera es entender exactamente de qué estamos hablando. Una ciudad con una buena infraestructura verde tiene que ser verde, pero una ciudad verde no tiene por qué tener una buena infraestructura verde. Y de ahí precisamente emerge ese cambio de prisma, de mirada, entre el concepto tradicional (en medio urbano) de sistema de espacios verdes y el de infraestructura verde.

La infraestructura verde como oxímoron es un concepto nuevo basado en dos tradicionales y opuestos que intenta aglutinar lo mejor de cada uno. Podemos decir que es un concepto *multi-* ya que tiene un marcado carácter multi-escalar y multifuncional, y además es multidisciplinar, multiespacial, multisémica, multidimensional (4 dimensiones), etc.... de ahí que, entre otros motivos, muchos de ellos derivados de intentar adueñarse del concepto desde un punto de vista corporativista, haya tenido diferentes acepciones y enfoques. Hoy en día, las más extendidas dependen en gran medida tanto de la tipología de elementos que la configuran, como del contexto geográfico y funcional. Por ejemplo, es diferente el planteamiento en el continente americano que en el europeo, así en EE.UU., la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) la presenta con una aplicación más directa al medio urbano, en particular para la gestión de aguas de tormenta. En sus orígenes, en este continente, aparece en Florida, en 1994 (Firehock, 2010), de la mano de la Comisión de Greenways que reivindicaba que el valor social y las funciones de los campos y sistemas naturales alcanzasen el mismo nivel

² Según el profesor de filosofía de Georgetown, existe una ignorancia racional que consiste en que para algunas personas en algunas situaciones es más rentable no invertir en educación o formación

ya que los beneficios que se van a obtener con ella son muy inferiores a su coste.

de importancia que la infraestructura gris. La definición más usada en este continente es la de Mark Benedict y Edward McMahon (2012):

La infraestructura verde es el sistema de soporte de vida natural de nuestra nación: una red interconectada de vías navegables, humedales, bosques, hábitats de vida silvestre y otras áreas naturales; vías verdes, parques y otras tierras de conservación; granjas, ranchos y bosques; y áreas naturales y otros espacios abiertos que soportan a las especies nativas, mantienen los procesos ecológicos naturales, sustentan los recursos de aire y agua y contribuyen a la salud y la calidad de vida de las comunidades y personas de América.

En Europa, el concepto evolucionó desde una estrategia inicialmente conservacionista hacia una visión más integral y holística. De hecho, ha tenido más de 20 definiciones en diferentes países y también distintos enfoques, hasta que se adoptó la oficial en el año 2014:

Recientemente ha sido publicada la Estrategia nacional de infraestructura verde y conectividad y restauración ecológica. La

infraestructura verde es una red ecológicamente coherente y estratégicamente planificada de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, diseñada y gestionada para la conservación de los ecosistemas y el mantenimiento de los servicios que nos proveen. Incluye espacios y otros elementos físicos 'verdes' en áreas terrestres (naturales, rurales y urbanas) y marinas.

MITECO 2020 De esta definición extraemos directamente que tiene que existir conectividad, que es una red y debe estar compuesta por elementos naturales y que debe tener diseño y gestión, además de que sus objetivos clave persiguen proporcionar servicios ecosistémicos y proteger a la biodiversidad, verdadero corazón de la infraestructura verde en Europa.

Para simplificar, podemos decir que comprende todas las redes naturales, seminaturales y artificiales de múltiples sistemas ecológicos multifuncionales, alrededor y entre áreas urbanas, en todas las escalas espaciales. Las metas que persigue también son numerosas, en la Figura 1 se muestran las definidas en la EEIVCRE:

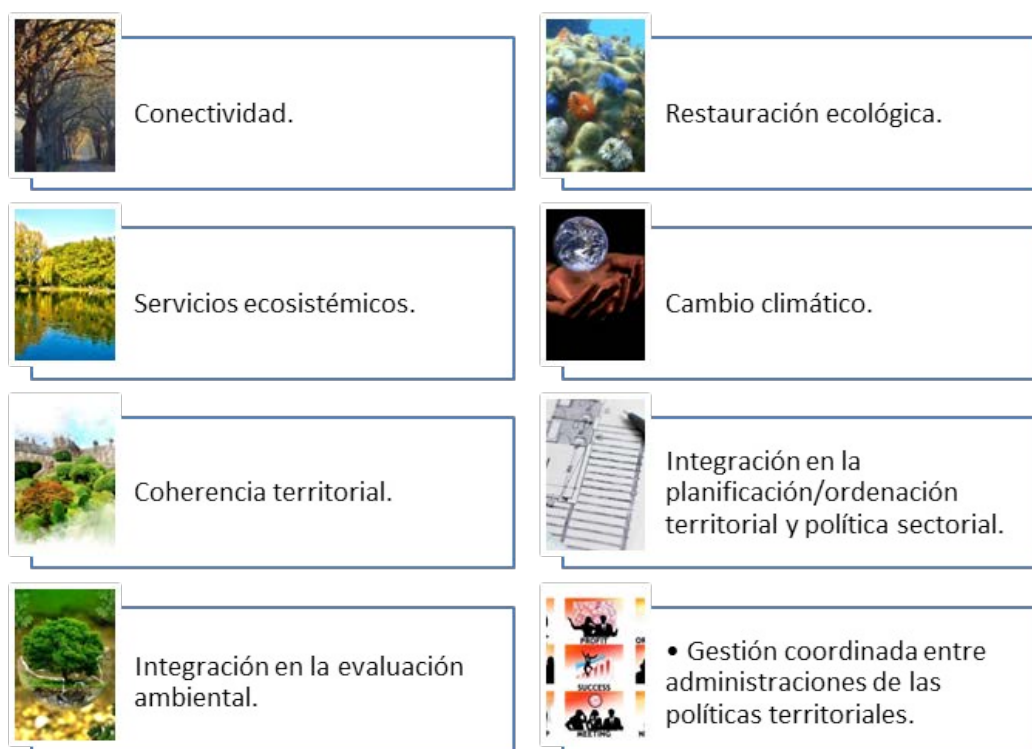


Figura 1. Metas de la estrategia nacional de infraestructura verde y conectividad y restauración ecológica.

Si queremos entender adecuadamente el concepto, debemos estar familiarizados con otros como las Soluciones Basadas en la Naturaleza, el capital natural, los servicios ecosistémicos, la conectividad y la restauración ecológica, la resiliencia, otro concepto también de moda, y la capacidad de adaptación y, por supuesto, los efectos del cambio climático.

Entre ellas, dado el interés e impulso por parte de la UE de las Soluciones Basadas en la Naturaleza, parece apropiado dedicarles unas breves líneas para aclarar su enfoque. Como su nombre indica, se trata de soluciones inspiradas o soportadas por la *naturaleza* que de forma simultánea proporcionan beneficios medioambientales, sociales y económicos y ayudan al aumento de la resiliencia.

Son soluciones que traen más *naturaleza y aspectos naturales y procesos* en las ciudades, paisajes y paisajes de mar, a través de intervenciones adaptadas localmente, eficientes en el uso de recursos y sistémicas. Representan una respuesta coste-efectiva a los cambios de la sociedad más importantes incluyendo el CC.

La IUCN (2016) las define como: “Acciones dirigidas a proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible ecosistemas naturales o modificados, que hacen frente a retos de la sociedad de forma efectiva y adaptable, *proporcionando simultáneamente* bienestar humano y beneficios de la biodiversidad” y define una serie de principios que configuran el concepto (Figura 2).

 Las SBN adoptan las normas y principios de la conservación de la naturaleza.	 Las SBN se pueden implementar de forma autónoma o integrada con otras soluciones a retos de la sociedad, como, por ejemplo, soluciones tecnológicas y de ingeniería
 Las SBN vienen determinadas por contextos naturales y culturales específicos de los sitios, que incluyen conocimientos tradicionales, locales y científicos.	 Las SBN aportan beneficios sociales de un modo justo y equitativo que promueve la transparencia y una participación amplia.
 Las SBN mantienen la diversidad biológica y cultural y la capacidad de los ecosistemas de evolucionar con el tiempo.	 Las SBN se aplican a escala de paisaje.
 Las SBN reconocen y abordan las compensaciones entre la obtención de unos pocos beneficios económicos para el desarrollo inmediato y las opciones futuras para la producción de la gama completa de servicios de los ecosistemas.	 Las SBN forman parte integrante del diseño general de las políticas y medidas o acciones encaminadas a hacer frente a un reto concreto de la sociedad.

Figura 2. Principios configuradores del concepto de Soluciones basadas en la Naturaleza (IUCN, 2016)

Volviendo al análisis del concepto de la infraestructura verde, es novedoso, pero no una idea original. Podemos encontrar numerosas propuestas en esa línea, más o menos realistas, unas fundamentalmente teóricas o propositivas como el Plan de Cesar Cort en A Coruña y otras que se llevaron a la práctica como *El collar*

de esmeraldas de Boston del incomparable Frederick Law Olmsted, las propuestas de la mirada de Haussman en la reforma interior de París (1852-1870), la ciudad jardín de Ebenezer Howard, el Plan de Abercrombie de Londres o los *Green Fingers* de Copenhague. No es objeto de este artículo un repaso histórico de la

planificación ecológica o el diseño verde, pero es importante citar a algunos autores dado que nos han dejado un legado imprescindible y han asentado muchas de las bases que han permitido desarrollar un concepto como el de la infraestructura verde. En el marco teórico, es obligatorio subrayar el legado de Ian McHarg, Jane Jacobsen, Lewis Mumford, Philip Lewis, Ann Spirn, Charles Waldheim o Mostafavi, entre otros. En particular, podemos introducir a Patrick Geddes, biólogo de formación y urbanista de profesión que, entre otros grandes logros, diseñó el plan de urbanismo de Tel Aviv, precisamente para crear una ciudad para las personas muy diferente a las que él denominaba *almacenes humanos*...ciudades industriales de principios del siglo XX. Geddes afirmaba que la vegetación no podría ser tan sólo el telón de fondo de las actividades sociales, sino que debería pasar a un plano más protagonista.

Por su parte, el ingeniero agrónomo y paisajista, profesor de la escuela de Versalles, Gilles Clement nos regaló muchas obras sobre paisajismo y reflexiones vinculadas a la infraestructura verde (obviamente en ese momento no la conocía) pero quizás la titulada *Manifiesto del Tercer Paisaje* (2004) es la más significativa en este momento ya que su propia esencia, su propio planteamiento converge con la mirada contemporánea de ciudad, de naturalización urbana y de mejora de la biodiversidad.

Pero, ¿cuál es la perspectiva hoy en día? Todo apunta a que nos encontramos ante un gran reto (en realidad una necesidad), de alcanzar unas ciudades más verdes, pero, de forma inseparable, ecológicamente funcionales. No se trata sólo de enverdecer, es mucho más, aunque muchos interpretan que es una especie de competición para lograr ser más verdes, ejemplos claros son la lucha de gladiadores de llegar a ser capital verde europea, el movimiento de ciudades biofílicas o la gran difusión mediática que utilizan algunas ciudades para tildarse como "verdes". Los espacios naturales urbanos deberían volverse los epicentros de contacto social como históricamente lo fueron las plazas

de armas o las plazas de los edificios religiosos, pero con la ventaja de que además de servicios culturales proporcionan también los de provisión y regulación.

La planificación con enfoque ecológico del paisaje urbano, esencialmente el resultado de la superposición de capas de los sistemas urbanos naturales (agua, vegetación, calidad del aire, espacios abiertos, biodiversidad) y de los sistemas humanos (aceras, carreteras, sistemas de transporte, construcciones, etc....), emerge con mucha fuerza en el panorama internacional. Uno de los movimientos más mediáticos, y no precisamente el que ofrece la mejor solución ecológica, es el *Urbanismo del paisaje*, teoría de planificación urbana que argumenta que el mejor camino para organizar las ciudades es a través del diseño del paisaje urbano, más que del diseño de sus edificios...se trata de un *campo de aproximaciones al planeamiento y diseño urbano basado en la interacción entre los sistemas naturales y construidos que persigue potenciar la figura del paisaje como un organizador de las urbes mucho más eficaz, plástico y sostenible que la arquitectura tradicional*. La filosofía del movimiento se alinea con el diseño ecológico, aunque adolece de un planteamiento realista, originando grandes obras mediáticas, pero que no se han demostrado eficaces funcionalmente desde el prisma de servicios ecosistémicos. En el extremo opuesto, aparece el urbanismo ecológico más basado en ciencia, pero con menos tirón mediático. Conclusión: la moda y lo mediático imperan... la lógica ecológica no... ¿solución? Una hibridación como así ha hecho Frederick Steiner, de la Universidad de Texas, el autor de otra obra clave: *Human ecology* (2016), quien acuñó el *Urbanismo ecológico del Paisaje* (Steiner, 2011).

Resulta importante trabajar en esa línea, primero ecológica y segundo mediática. En ese sentido, para integrar una buena solución de elementos que formen parte de la infraestructura verde que emane del lugar, podrían incluirse los principios de Van der Ryn and Cowan (1996) que se exponen en la tabla adjunta.

Tabla 1. Principios de ecología del paisaje Van der Ryn and Cowan (1996).

Principios	Resumen de la implicación en el diseño del paisaje	Descripción
Las soluciones surgen del lugar	El diseño ecológico surge de un íntimo y detallado conocimiento del lugar	Indica la necesidad de conocer el escenario del diseño.
Haz visible a la naturaleza	Asegura que los ciclos y procesos naturales sean visibles para que el medioambiente diseñado genere vida.	Establece los criterios para la evaluación de los impactos ecológicos de un diseño.
Diseña con la naturaleza	Los procesos vivos de la naturaleza ofrecen oportunidades para diseñar utilizando los ciclos naturales, los residuos naturales y la regeneración como parte del diseño total.	Sugiere que estos impactos pueden minimizarse mediante el trabajo en conjunto con la naturaleza.
La contabilidad ecológica informa del diseño	Si se trazan los impactos ambientales de un diseño, se descubren las opciones más sanas ecológicamente	Implica que el diseño ecológico no es sólo para expertos sino para comunidades enteras.
Todo el mundo es un diseñador	Escucha a todas las voces en el diseño del proceso.	La participación y el aprendizaje: fundamentales

Obviamente el enfoque de la IV sigue estos criterios, es ambientalista, ya que comparte la esencia de la planificación ecológica:

- 1.- Mejora del aire, del agua y la calidad del suelo.
- 2.- Ahorro de energía.
- 3.- Reducción de la escorrentía de aguas pluviales urbanas.
- 4.- Reducción del efecto de calor.

5.- Mejora estética de la ciudad.

6.- Enriquecimiento de la biodiversidad de las zonas urbanas.

Por tanto, no debe separarse el plano estético del plano ecológico para no perder la esencia ambientalista de la infraestructura verde y poder diseñar redes altamente funcionales.

Sus características son muy variadas, aunque las más importantes se muestran en la Figura 3.



Figura 3. Características de la infraestructura verde.

Como comentábamos, el confinamiento pandémico ha recordado la importancia de la presencia de naturaleza en nuestras urbes, ya reconocida en la propia definición europea de IV donde se desliza un amplio ámbito de trabajo que abarca una variada escala de paisaje a nivel local, regional y nacional para proteger una red ecológica de conservación, pero también para proporcionar servicios culturales, especialmente en medio urbano. Se indicó que la estrategia europea (UE, 2013) resalta la importancia de la integración de estos planteamientos en las urbes, y precisamente es donde se debe incidir explícitamente para cambiar la forma de planificar las ciudades y de cambiar del concepto de espacios verdes urbanos (parques y jardines) a una visión integral de la infraestructura verde para lograr la optimización de los servicios ecosistémicos.

"Las soluciones de infraestructura verde revisten especial importancia en los entornos urbanos, donde vive más del 60 % de la población de la UE. Los elementos de infraestructura verde en las ciudades aportan numerosos beneficios para la salud, tales como un aire puro y un agua de mejor calidad" (UE, 2013).

Es importante señalar que también son fundamentales los componentes de la IV ubicados en áreas periurbanas (la definición de zonas periurbanas adolece de un consenso internacional) al representar zonas de transición con los espacios más naturales, funcionan a modo de ecotonos, zonas de contacto y tensión entre elementos de diferentes ecosistemas. La idea es sencilla, tenemos, por un lado, el ecosistema urbano, gris, formado por las edificaciones, infraestructuras, equipamientos, etc. y, por otro, el ecosistema natural con sus respectivos elementos: árboles, arbustos, microfauna, avifauna, etc. Como se indicaba, históricamente y desde una mirada generalista, el ecosistema urbano ha ido desplazando al natural y eliminando todos sus elementos, sustituyéndolos por los propios. Es momento de hibridar ese espacio con elementos que sinérgicamente aporten beneficios a la población. Obviamente no

hay soluciones genéricas para todos estos espacios ya que cada lugar, cada escenario, cada población requiere un tratamiento diferenciado y pormenorizado para alcanzar la mejor solución. Como sugiere Williams (2000) se deben utilizar "estrategias que combinan el urbanismo y la naturaleza para crear lugares para vivir enriquecedores, sanos y civilizados", pero adaptadas a las singularidades de cada espacio.

Servicios. La IV en medio urbano incluye entre sus servicios de tipo cultural, el fortalecimiento del sentido de la comunidad, el vínculo con acciones voluntarias de la sociedad civil y la contribución para combatir la exclusión social y el aislamiento, aportando a las personas y a la comunidad beneficios físicos, psicológicos, emocionales y socioeconómicos. En cuanto a los servicios de regulación (los segundos en importancia en medio urbano tras los culturales), destaca su aplicabilidad frente a desastres naturales, también están muy vinculados con mecanismos frente al cambio climático, ya que este tipo de soluciones son parte integrante de la política de la UE sobre la gestión de este tipo de riesgos y potencian la resiliencia urbana frente a las catástrofes. A ello hay que sumarle que el cambio climático y la construcción de infraestructuras aumentan la vulnerabilidad de algunas zonas a las catástrofes naturales — inundaciones, avalanchas, corrimientos de tierras, incendios forestales y tormentas—, que provocan muertes en algunos casos y generan pérdidas de miles de millones de euros anualmente. La UE considera que la infraestructura verde es una medida de prevención frente a las catástrofes naturales y que los gobiernos locales deben estar situados en primera línea para hacer frente a las consecuencias inmediatas de dichas catástrofes.

Dentro de las soluciones que ofrece la infraestructura verde para este tipo de desastres se incluyen los jardines de lluvia, los sistemas de drenaje urbano sostenibles (SUDs), humedales costeros, cordones litorales, bosques de protección (ribereños y de montaña) y las llanuras de inundación, que pueden combinarse incluso

con infraestructuras tradicionales, por ejemplo, las obras de protección de ríos.

En España, numerosos ayuntamientos trabajan en este tipo de planteamientos, destacando las experiencias de Vitoria-Gasteiz, Zaragoza, Barcelona, Madrid, etc. No obstante, la mayor parte de ayuntamientos de menor entidad no han comenzado a trabajar en esta línea y existen muchas barreras técnicas, personales, sociales y económicas que deben ser salvadas.

3.1. Unas reflexiones sobre infraestructura azul

“...El agua es el principio de todo, es el elemento básico del Universo: el agua produce todas las cosas...”. Tales de Mileto.

La denominada infraestructura azul es la que soporta, da vida y caracteriza a la infraestructura verde, recordemos que el agua es la fuente de vida y que la infraestructura verde no existe sin la infraestructura azul...

Muchos autores fusionan los dos conceptos y en numerosas publicaciones técnicas, científicas y estrategias de desarrollo de la infraestructura verde se incluye la azul dentro de la verde, en este sentido y para simplificarlo, podríamos hacer lo mismo, de la misma manera que en la clasificación de servicios ecosistémicos CICES se obvia el de soporte (o hábitat) ya que inherentemente los otros tres tipos dependen de él y están vinculados. En cualquier caso, el agua es el elemento base, ya lo decía Tales de Mileto, uno de los 7 sabios griegos, fundador de la escuela jónica que se basaba en el conocimiento de la naturaleza como objeto de estudio.

El grado de desarrollo de una sociedad puede medirse de muchas maneras, pero a lo largo de la historia, las infraestructuras del agua se han mostrado como un gran indicador, desde el origen del alcantarillado (3750 a. C.), los baños públicos (3000 a.C.), la aparición de las presas (2770 a.C.), la bomba de agua o los acueductos (s. VII a. C.), el grifo (S. I a.C) hasta la depuración en el siglo XIX. Es curiosa también la relación con la energía, precisamos energía para

procesar el agua (tratamientos, impulsión, extracción, etc.), pero también generamos energía con el agua (energía hidráulica, enfriamiento termoeléctrico, producción de etanol, hidrógeno...) ... La cuestión es dónde está el péndulo de la balanza, ya que influirá notablemente también en procesos vinculados con los efectos del cambio climático.

La infraestructura verde es inseparable, en términos generales, de la infraestructura azul.

El agua, en sus diferentes ámbitos, es fuente de vida, en los ríos, en los lagos, en el mar, en los canales de riego, ...es un gran configurador de paisaje tanto natural (Islas Alvedosas en el río Verdugo, el lago SAU en Barcelona o las fantásticas franjas de dunas en Lençóis Maranhenses en la costa nororiental de Brasil) como más antropizado como las acequias comunitarias de San Luis Colorado o los manglares de Tarawa en Kiribati. También configura, aunque de forma menos visible, los asentamientos humanos en epicentros de extracción de agua subterránea, recordemos también que el 50% de la población depende de ella (WWDR, 2015).

Pero el agua no sólo proporciona servicios de provisión (p.e. piscifaua) o de regulación (p.e. térmica) sino que también tiene una gran carga de aspectos de tipo cultural, muchos de ellos en medio urbano. Las imágenes de los pescadores zancudos de Sri Lanka es la representación etnográfica de una relación ancestral con este elemento.

Quizás uno de los aspectos más importantes es la relación mística, mitológica o religiosa con este elemento. Los aztecas realizaban sus “viajes al inframundo” a través de la poza natural en el cenote de Xkekén en Yucatán, prácticamente todas las religiones tienen un vínculo de acero con el agua, para los budistas, las aguas de Ganges son las más sagradas de la India, les protege de los espíritus malignos; las ofrendas en el río Mekong en el año nuevo, río que es la madre del agua para algunas religiones, las bendiciones con agua frente a los malos espíritus en Luang Prabang, los baños en la cascada

Saut d'Eau de Ville Bonheur en Haití, mezcla de cristianismo y Vudú, la cruz horadada en el río Kennebec (Maine) de la iglesia rusa ortodoxa de San Alejandro Nevski, los más conocidos bautismos ortodoxo griego o católico, las abluciones rituales de los musulmanes, el baño de los judíos jasídicos antes del Rosh Hachaná o los baños en la cascada sagrada del gran santuario Tsubaki en la prefectura Mie donde los japoneses se purifican el cuerpo y el alma.

Como se puede apreciar, la relación no sólo es de supervivencia sino religiosa y cultural, le damos un gran valor y le ofrecemos culto al agua...Sí, pero, ... ¿Qué hemos hecho a lo largo de la historia? Nos hemos asentado en las proximidades de elementos de infraestructura azul, ríos y costa... servicios de provisión directos y nos hemos vinculado emocionalmente con ella pero también de forma perversa... hemos contaminado los ríos, los mares, los hemos llenado de residuos de todo tipo, hemos canalizado los ríos, eliminando así su funcionamiento ecológico y sus procesos naturales de generar servicios ecosistémicos de diferentes tipos y hemos castigado al paisaje infligiendo un absurda autoflagelación derivada de la ignorancia humana.

Con el agua tenemos dos problemas contrapuestos, el déficit y el exceso...los escenarios son diversos, desde la escasez más absoluta que podría estar representado por la zona de Marsabit (Kenya) donde se ubica el Pozo cantarín, hasta escenarios con inundaciones por lluvias torrenciales que tan bien conocemos en nuestro país, especialmente en los últimos años...en muchos casos derivados de una errónea selección de las ubicaciones... parece que en ocasiones las propuestas de estudios multicapas de Ian McHarg de mediados del siglo pasado parece que todavía no se aplican, pero ese es otro tema...

Es cierto que poco a poco avanzamos para hacer diseños y una planificación y ordenación del territorio más adecuadas e incluso hay iniciativas específicas para la recuperación de los espejos de agua. Un ejemplo interesante es el de

la US Water Alliance, con su programa "*Green city, clean waters*". Este programa persigue el desarrollo de planes de gestión integrados de agua mediante la restauración de hábitats, la protección del agua limpia, la gestión racional del agua de tormentas, etc. para lograr recuperar escenarios de elementos de infraestructura azul donde se pueda volver a pescar, nadar, beber y que sean seguros, atractivos y accesibles, es decir, potenciar todos los servicios ecosistémicos que hemos "enterrado" o difuminado con una inadecuada gestión, ello, por supuesto incluye Soluciones Basadas en la Naturaleza como los SUDs y la participación ciudadana. De hecho, hay interesantes respuestas ciudadanas de arte urbano de diferentes tipos, uno de los más directos es el del Stacy Levy's "*Street Lagoon*" que consiste en trazar con pinturas el discurso del antiguo río...con el firme propósito de recuperar su historia y quien sabe, quizás recuperarlo físicamente... en ese sentido hay una organización en Francia, Onema, que lleva tiempo trabajando en restauración hidrogeomorfológica de los cursos fluviales, intentando restaurarlos y recuperar el trazado natural...

La lectura directa es que sin agua no hay vida, se pierde biodiversidad, bienestar y calidad de vida, regulación ambiental, servicios de provisión, regulación y culturales, energía, agricultura, etc. y por supuesto es el termómetro para medir los efectos del cambio climático y un recurso clave que hay que proteger.

3.2. Componentes de la infraestructura verde urbana y periurbana

Es importante señalar que no hay una asignación de determinados componentes de infraestructura verde con la escala de trabajo, de hecho, algunos pueden repetirse, aunque su consideración y análisis debe ser diferente. Por ejemplo, a escala nacional pueden aparecer elementos de infraestructura verde urbana, como son los grandes parques, jardines, áreas recreativas y deportivas, cinturones verdes, etc., con importancia suficiente para ser considerados a esta escala. Se trata de espacios que,

aunque tengan una superficie reducida, pueden proporcionar una gran cantidad de servicios ecosistémicos a un gran número de población. Lo mismo ocurre con la escala regional donde existen elementos de la infraestructura verde urbana y periurbana, desde los grandes elementos de los corredores paisajísticos, *puertas verdes* o cinturones urbanos, hasta los propios elementos urbanos, parques, jardines, áreas recreativas y deportivas, estanques y canales o cubiertas verdes con importancia suficiente para ser considerados a escala regional.

En medio urbano, hay un gran número de elementos que pueden formar parte de la infraestructura verde, aunque no todas las ciudades tienen que tener cada uno de ellos. Siguiendo el trabajo desarrollado por la Asociación Española de Parques y Jardines, las diferentes tipologías se organizan estableciendo diferentes tipos de espacios verdes reconocidos desde la óptica de la gestión, aunque se matiza que en el caso de que una ciudad disponga de una distinta a las presentadas, la considerará dentro de la que más se aproxime.

En ese estudio se definieron 21 tipologías que pretenden incluir los principales elementos de la infraestructura verde municipal de todos los municipios españoles. En la Guía de Infraestructura Verde Municipal publicada por la FEMP (Calaza et al., 2019) se ha respetado esta clasificación, pero ampliada tomando como referencia el borrador de la **ENIVCRE** (*Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y Conectividad y Restauración Ecológica*), la clasificación de bosques urbanos de la FAO, así como publicaciones y experiencias de ayuntamientos nacionales y aquellos espacios que pueden aparecer comúnmente en zonas periurbanas como parcelas agrícolas o espacios naturales protegidos. Se recogen en la Tabla 2.

3.3. Los servicios ecosistémicos de la IVU y los ODS

En la definición de la UE (2013), se indicó que uno de los objetivos clave es proporcionar servicios ecosistémicos definidos como las contribuciones que los ecosistemas hacen al bienestar humano... (CICES, citado en JCR, 2018).

En el panorama internacional, existe un gran número de clasificaciones internacionales de los servicios ecosistémicos como la de Robert Constanza (1997), De Groot et al. (2002), Millennium Ecosystem Assessment (2005), UK National ecosystem Assessment (UK-NEA, 2011), Wallace (2007), The Economics of Ecosystems and Biodiversity, pero la que se está imponiendo es la CICES, Common International Classification for Ecosystem Services V.5.1 (2018). Es el Sistema de clasificación desarrollado por el grupo de trabajo de servicios ecosistémicos de la Unión Europea. Según esta clasificación, los SSEE son de 3 tipos (los de soporte se entienden incluidos en los otros tres ya que son los procesos ecosistémicos y estructuras necesarias para que sea posible su generación):

- a) Servicios de aprovisionamiento: productos de alimentación, suministro de materiales y fuentes de energía proporcionadas por los sistemas vivos.
- b) Servicios de regulación y mantenimiento: todas las formas en que los organismos vivos pueden moderar el entorno ambiental y que afectan a las actividades y bienestar humanos.
- c) Servicios culturales: incluyen todos los aspectos de los ecosistemas que afectan al estado físico y mental de las personas.

Tabla 2. Elementos que forman parte de la infraestructura urbana y periurbana.

Espacio	Descripción
Espacio fluvial. Arroyos y conectores fluviales.	Espacios verdes en conexión con los cauces fluviales.
Estanques y balsas de inundación	Entornos de láminas de agua artificiales
Litoral	Zonas de contacto con el mar como playas, zonas de dunas, etc.
Parque forestal, bosque	Zonas verdes urbanas con tipología parecida a los bosques por su importancia del estrato arbóreo y arbustivo.
Bosque periurbano forestal	
Zonas naturales protegidas en entornos periurbanos	
Zonas agrícolas periurbanas	
Vías pecuarias	
Vías verdes y ciclistas	
Bosque urbano	Definición FAO
Parque	Zona verde de dimensiones considerables que se caracteriza por disponer de equipamientos lúdicos y de servicios, con diversidad de todos los estratos de vegetación.
Pequeños parques y jardines con árboles ($x < 0,5$ has)	Definición FAO
Jardín	No tiene por qué incluir arbolado.
Parque o jardín histórico	Espacios verdes que destacan por su componente histórico.
Plaza	Espacio pequeño, menor que un jardín, con poca vegetación, habitualmente arbolado y algún equipamiento.
Zonas verdes privadas y patios interiores, incluidos los comunitarios.	
Arbolado urbano o en plazas públicas	Árboles plantados a lo largo de una calle.
Alineaciones de setos vivos y arbustos	Alineaciones vegetales sin incluir al arbolado.
Parterre urbano. Medianas y rotondas	Pequeñas zonas verdes situadas en la vía pública con una función ornamental o de acompañamiento a la circulación.
Sistemas de drenaje urbanos. SUDs y desarrollos de bajo impacto-LIDs.	
Cubierta verde	Espacio verde situado en cubiertas de edificios o sobre aparcamientos subterráneos.
Muro verde y/o jardín vertical	Vegetación situada en vertical sobre fachadas de edificaciones.
Huerto urbano	Espacio distribuido en parcelas hortícolas para el uso no comercial de personas y/o colectivos.
Zonas verdes deportivas	Espacios con instalaciones deportivas.
Jardín botánico y parques temáticos	Espacio dedicado a colecciones botánicas. También se incluyen jardines con colecciones concretas como rosales, planta crasa, etc.
Parque zoológico	Espacios reservados a la exhibición de animales para su preservación y conocimiento.
Cementerios, ermitas e iglesias	Jardines de estas instalaciones.
Viveros municipales	Espacios reservados a la producción y almacenamiento de plantas.
Equipamientos públicos (bibliotecas, centros cívicos, etc)	Equipamientos municipales que disponen de zona verde dentro o fuera de sus instalaciones.
Solares municipales no urbanizados	Parcelas municipales que no presentan urbanización actualmente. Presentan valor por su capacidad de permeabilidad y especies herbáceas existentes. Incluye praderas y eriales.
Espacios de oportunidad	
Centros educativos	Zonas verdes dentro de centros educativos y campus universitarios.
Zonas verdes de otras instituciones (teatros, museos, etc.)	Espacios ajardinados que acompañan a equipamientos culturales.

En 2015, la ONU publicó sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para hacer un llamamiento universal para la adopción de medidas que pongan fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Son 17 objetivos basados en los logros de los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio, pero incluyendo otras prioridades como el **cambio climático**, la desigualdad económica, el consumo sostenible y la paz y la justicia desde un prisma de transversalidad, universalidad y multifuncionalidad. Siempre dentro del marco de la sostenibilidad, los objetivos persiguen un espíritu de colaboración y pragmatismo para seleccionar las mejores opciones para la mejora de vida para las generaciones futuras.

En medio urbano confluyen muchos de los objetivos, metas y acciones de la Agenda 2030, de hecho, la mayor parte de ellos (3, 6, 7, 11, 12, 13) inciden directamente donde vive la mayoría de la población. De forma particular, el ODS 11 persigue “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, resilientes y sostenibles”, y aborda la necesidad de mejora del transporte público, la creación de espacios verdes y lograr que más personas participen en las decisiones de planificación urbana. Por tanto, utiliza argumentos y propuestas directamente relacionadas con la infraestructura verde. Además, se persigue ofrecer resultados sostenibles a nivel de asentamiento humano, con metas específicas (11.a, 11.3 y 11.7) relacionadas con la planificación territorial:

La Meta 11.7 de los ODS indica lo siguiente: De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.

El objetivo 11 le da especial importancia a la relación entre la infraestructura verde, las zonas verdes y los espacios públicos y la mejora de la salud y la calidad de vida de todos los habitantes de las ciudades. Subraya los beneficios de esta infraestructura, especialmente la

mejora de nuestra salud física y psicológica, el fortalecimiento de nuestras comunidades y la transformación de nuestros barrios y ciudades en lugares más atractivos para vivir y trabajar. Este objetivo además se vincula con la meta relacionada con las enfermedades no transmisibles del ODS 3 (garantizar una vida sana) proporcionando espacios para que las personas puedan estar físicamente activas, y con el ODS 7 (garantizar el acceso a la energía para todos) al reducir las temperaturas en las ciudades y el ODS 8 (crecimiento económico), ya que las zonas verdes y los espacios públicos proporcionan el terreno necesario para que las personas con menos recursos puedan ganarse la vida vendiendo productos y servicios.

De forma expresa UN-Habitat y la OMS indican que se debe integrar la salud en la planificación urbana y territorial (UN-Habitat, 2020). La infraestructura verde en sentido general y específicamente en las ciudades es una solución perfecta de planificación territorial para agilizar y garantizar que se alcance este tipo de objetivos y metas y conseguir unas ciudades más sanas donde exista equidad, justicia ambiental y acceso universal a los espacios verdes.

En nuestro país, en 2017 se celebraron las jornadas en el Instituto de la Ingeniería de España, IIE, organizadas por el Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible (CIDES) para analizar la posición de los ingenieros ante la agenda 2030 y sus 17 ODS. Entre otros temas, también se abordó la importancia de la infraestructura verde y el cambio climático, entre las conclusiones destaca la presencia de un 70% de la población en medio urbano frente a un territorio despoblado, envejecido y abandonado, que dificulta su sostenibilidad.

En este escenario, van a resultar imprescindibles, con la participación activa de la ingeniería, el papel de la agricultura, de las materias primas, del reequilibrio territorial y de un urbanismo y ordenación del territorio coherente con los Objetivos 2030. Por otra parte, se subraya que debe minimizarse la nueva expansión urbanística fuera de la consolidada y

potenciarse un cambio en las relaciones entre el campo y la ciudad, buscando el desarrollo de las potencialidades rurales e internalizando las aportaciones del medio rural y de los servicios de los ecosistemas.

Por último, la lucha contra el calentamiento y por la conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas es clave para la conservación de la vida y la salud. La integración de la biodiversidad, la regeneración de los ecosistemas y la incorporación de la naturaleza en la ciudad debe potenciar el desarrollo de proyectos y estrategias de infraestructura verde.

3.3.1. La Carta de Santander

Dentro de las iniciativas y apuestas vinculadas a la mejora de la planificación espacial e inherentemente vinculada a la infraestructura verde, los ODS y el cambio climático, se

presenta la denominada Carta de Santander por la Infraestructura verde y la biodiversidad.

Esta Carta, señalada en la Estrategia Nacional de Infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológica (MITECO, 2020), concretamente en el apartado de políticas sectoriales autonómicas y locales. Se trata de un documento promovido por la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos (AEPJP), que ha sido desarrollada por un panel de expertos con el apoyo del Ministerio de Agricultura, la Federación Española de Municipios y Provincias, así como diferentes entidades académicas y universitarias, científicas y colegios profesionales de ingeniería; con la intención de proponer a los Organismo oficiales su consideración y promoción. Los objetivos que persigue se muestran en la Figura 4.

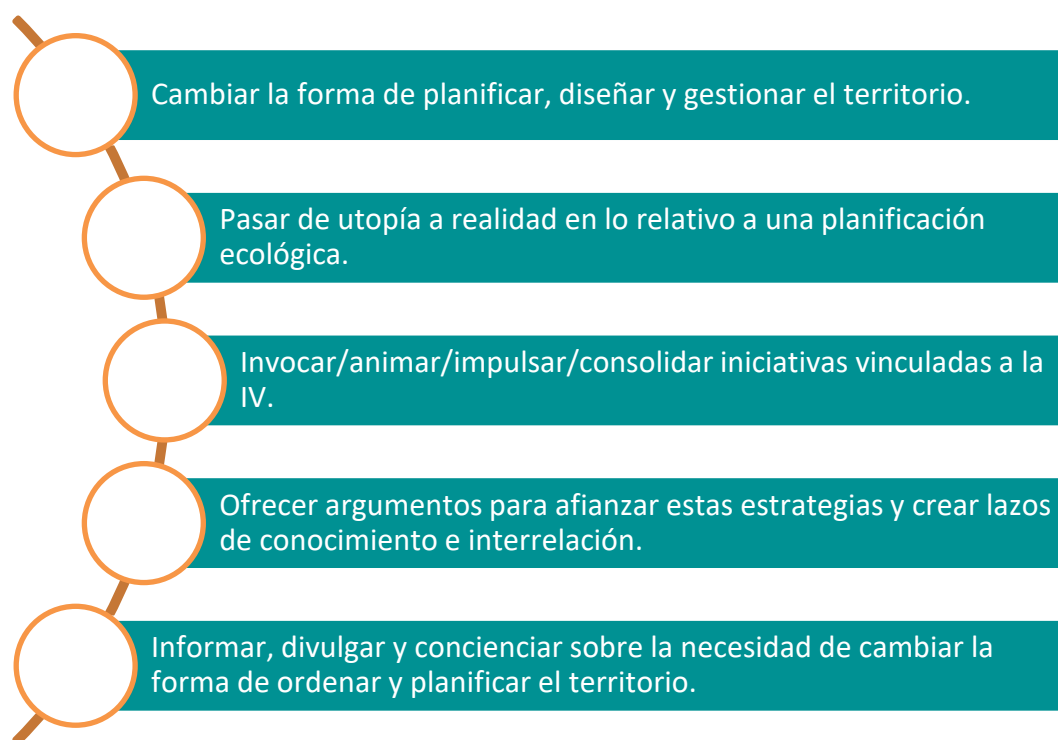


Figura 4. Objetivos de la Carta de Santander

La Carta de Santander se resume en un decálogo de los aspectos más importantes que persigue:

1.- Impulsar una adecuada ecoplanificación territorial.

La planificación ecológica debe ser el modelo

de desarrollo urbano para lograr tener ciudades más sostenibles, biofílicas, verdes, resilientes, saludables e inteligentes.

2.- Fortalecer la resiliencia territorial.

La **resiliencia territorial es clave** en el cambiante escenario actual para poder hacer frente

a diferentes problemas, entre los que se encuentran los eventos climáticos extremos.

3.- Situar la naturaleza en el epicentro del diseño urbano.

Se debe cambiar la forma de planificar y diseñar las ciudades entendiéndolas desde un prisma que utilice la vegetación como recurso dinámico fundamental del diseño de la trama urbana.

4.- Entender la biodiversidad como el corazón de la infraestructura verde.

La biodiversidad tiene un valor intrínseco y representa un elemento clave del paisaje y de la salud urbana. Debemos incrementar y restaurar la funcionalidad y conectividad de los paisajes naturales urbanos y periurbanos para conservar los recursos naturales y la biodiversidad.

5.- Optimizar los servicios ecosistémicos.

La inversión en recursos y procesos naturales, y en garantizar y potenciar los procesos ecológicos de una ciudad proporciona un gran elenco de servicios ecosistémicos y un importante rendimiento económico positivo para la comunidad.

6.- Implementar soluciones basadas en la naturaleza.

Se deben integrar soluciones basadas en la naturaleza en la planificación, diseño y gestión de las ciudades para maximizar los beneficios y alcanzar una mayor y mejor calidad de vida. Ello incluye soluciones orientadas a la generación de los diferentes tipos de servicios ecosistémicos que preserven los flujos ecológicos urbanos, incluyendo los entrópicos y antrópicos en un marco de socioecología.

7.- Hacer frente al cambio climático y a los desastres naturales.

Las ciudades y villas se hacen más vulnerables al cambio climático y a sus desastres naturales vinculados, a la rápida urbanización y al crecimiento poblacional, con el agravante problema de un empeoramiento de la salud. Una

planificación de la infraestructura verde y su adecuada gestión minimiza este tipo de problemas.

8.- Mejorar la salud y el bienestar de los ciudadanos.

Una infraestructura verde bien gestionada contribuye a una vida más saludable y al bienestar a través de la prevención de enfermedades, la terapia y la recuperación. También se mejora la salud de forma indirecta debido a sus beneficios ambientales. Se ha evidenciado que es fundamental para minimizar la presencia de enfermedades no transmisibles, la causa más importante de muertes en el mundo.

9.- Potenciar la multiescalaridad y el desarrollo de políticas proactivas de infraestructura verde a todos los niveles.

La infraestructura verde no tiene límites administrativos. Su multiescalaridad debe ser aprovechada tanto desde las escalas administrativas (estatal, regional y municipal) como espaciales (nivel de estado, de región, de municipio, de barrio o de sitio). Las diferentes autoridades deben promover cualquier acción que facilite la implementación de elementos de infraestructura verde a cualquier escala. Debemos armonizar políticas proactivas, una planificación estratégica y una legislación que aproveche al máximo la infraestructura verde.

Es prioritaria una mayor promoción, comunicación y educación pública para aumentar la conciencia y alentar la inversión verde urbana. La participación, asociación y colaboración entre los agentes interesados son requisitos estratégicos para una gestión eficaz de la infraestructura verde.

10.- Garantizar la justicia y equidad ambientales.

La planificación y el diseño de la infraestructura verde deben aumentar la justicia y deben asegurar que sus beneficios se acumulen de manera equitativa para todos.

La infraestructura verde debe ser inclusiva y no debe exacerbar la segregación espacial ni

provocar procesos de gentrificación ecológica. Esta estrategia hace que la gestión urbana sea más rentable y sostenible, y, por tanto, contribuye a la equidad social.

4. La infraestructura verde frente al cambio climático. Servicios implicados

En 2008, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) dijo de manera contundente que teníamos como mucho 12 años para llevar a cabo los cambios drásticos y sin precedentes que son necesarios para evitar el aumento de la Tª mundial promedio más allá de la meta de 1,5°C establecida por el Acuerdo de París. ¿situación actual? Parece que no hemos conseguido los objetivos...

En los apartados anteriores se ha puesto de manifiesto cual es la potencialidad que tiene un buen diseño y una adecuada gestión de la infraestructura verde y azul para la adaptación y mitigación al CC. De hecho, se considera al agua como el termómetro de los procesos derivados del cambio climático, como el medio primario a partir del cual el CC influye en los ecosistemas de la tierra, así como en la vida y en la sociedad. Es evidente que el CC afectará a la disponibilidad de agua a través de cambios en la distribución de la lluvia, la humedad del suelo, los glaciares, los ríos, etc.

Estos problemas son percibidos de forma contundente a escala mundial, de hecho y por tercer año consecutivo y en un marco global, los riesgos relacionados con el medio ambiente dominan el prestigioso estudio GRPS (Global Risks Perception Survey) y representan tres de los cinco primeros riesgos por probabilidad (fracaso en la mitigación y la adaptación al CC, los eventos meteorológicos extremos, y los desastres naturales) y cuatro de los cinco más importantes en impacto (aparte de los tres anteriores la pérdida de biodiversidad y el colapso del sistema).

De la misma forma, si se analizan las interconexiones entre riesgos y tendencias, en este estu-

dio, así como las de los riesgos mundiales, podemos observar que en los puntos más críticos aparecen los riesgos ambientales, expresamente los relacionados con el cambio climático.

Además, estos problemas se agudizan en medio urbano, ya comentaba Maurice F. Strong, Secretario General de la Conferencia de la ONU sobre el medio ambiente y desarrollo de Río de Janeiro de 1992 que "la batalla global por la sostenibilidad se ganará o perderá en las ciudades", que representan el 2% de la superficie terrestre, pero es donde se producen el 75% de las emisiones de carbono. Pero no se trata sólo de abordar lo relativo al CC, sino que el problema debe ser entendido y enfrentado desde diferentes ópticas, en este sentido, Ban Ki Moon. Secretario General de la ONU (2007-2016) indicaba que "*Salvar nuestro planeta, rescatar a la población de la pobreza, avanzar en el crecimiento económico... es lo mismo y la misma lucha...*"

Debemos conectar los puntos entre el CC, la sequía, la energía, la salud global, la seguridad alimentaria y el empoderamiento de las mujeres... Las soluciones a un problema deben ser las soluciones a todos los problemas..."

Por tanto, el enfoque de hacer frente al cambio climático conlleva una respuesta integral que aúne diferentes esfuerzos, perspectivas y que sacuda los problemas desde frentes variados... y precisamente en ese sentido, dada la multifuncionalidad de la infraestructura verde y su multiescalaridad, es una apuesta importante, especialmente en medio urbano, donde se indicaba que se producían las mayores emisiones.

4.1. Efectos del Cambio Climático

El CC impacta de forma directa de diferentes formas; sin ánimo de ser exhaustivo, de acuerdo al informe IPCC-4 (2007), los impactos directos pueden consistir en un aumento de Tº,

un aumento del nivel del mar, un cambio de los modelos hidrológicos, una reducción de periodos de frío y en la aparición de eventos más extremos, sequías e inundaciones.

En Europa estos impactos se traducen en las siguientes consecuencias (Jongman et al., 2017):

- Cambio de los ecosistemas a nivel local.
- Eventos hidrológicos extremos más frecuentes.
- Cambio parcial de los cultivos agrícolas.
- Extinción de especies en alguna región o en toda Europa.
- Movimiento de especies. Las especies que encuentren condiciones sub-óptimas tienden a moverse en la dirección de mejores condiciones:
 - Mejores condiciones de hábitat.
 - Más comida.
 - Menos competencia.

La situación es crítica y realmente percibida como una gran amenaza; se requieren acciones directas e inmediatas para hacerle frente y precisamente la IV es una buena oportunidad. Esta relación IV-CC está siendo analizada en numerosas universidades y centros de investigación en el panorama internacional, hasta la aparición de las restricciones derivadas del COVID19 se organizaban foros y eventos específicos como el Foro Internacional de Infraestructura verde y Cambio climático, desarrollado en México, así como numerosas publicaciones de las ventajas de utilizar elementos de IV con fines determinados vinculados al cambio climático. Si se revisan los planes estratégicos de infraestructura verde aparecen en numerosas partes su vinculación con el cambio climático, por citar algunos ejemplos: Guía de infraestructura verde urbana de la FEMP, Plan Infraestructura verde y biodiversidad Madrid, Medida de gobierno de la infraestructura verde de Barcelona, *North west Green infrastructure Guide*, Cambridge, *Urban Green Up*, ...

Un ejemplo interesante es el denominado **Urban Green Infrastructure: Connecting people**

and nature for sustainable cities que pretende crear una base de datos que resuma la evidencia existente sobre importantes vínculos funcionales e impactos de IVU en la regulación climática, el agua y el suelo, la calidad del hábitat y la salud y el bienestar humanos. Por ejemplo, los espacios verdes privados y comerciales pueden ser importantes para la gestión de las aguas pluviales y la regulación del microclima, los terrenos baldíos pueden proporcionar hábitat para especies raras y los patios escolares verdes y otros espacios abiertos alrededor de edificios administrativos u hospitales pueden promover la relajación y la experiencia en la naturaleza.

Además, por supuesto, este objetivo se recoge en la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y Conectividad y Restauración Ecológica (versión borrador), donde en su meta 4 se explicita: Mejorar la resiliencia de los elementos vinculados a la infraestructura verde favoreciendo la mitigación y adaptación al cambio climático. De hecho, en este borrador, el concepto cambio climático aparece citado en 74 ocasiones. El Gobierno de España lleva tiempo apoyando iniciativas en este sentido, ejemplo claro es el proyecto de Infraestructura verde y custodia urbana: contribuyendo a la adaptación al cambio climático de las ciudades, bajo el paraguas de la Fundación Biodiversidad y del Ministerio para la Transición Ecológica, que perseguía potenciar la IVU a través de acuerdos de custodia con el fin de promover la adaptación de las ciudades al cambio climático.

No obstante, tenemos el problema del tiempo, es cierto que no hay una certeza de que las medidas que se apliquen sean las mejores, pero se debe actuar de forma urgente, no tenemos más tiempo para esperar: Rob Jongman et al. (2014) de la Universidad de Wageningen señalan que si tenemos que esperar a las conclusiones de los modeladores de clima y especies sobre el impacto del CC en el nivel del mar, precipitaciones, poblaciones de especies y ecosistemas, no quedará tiempo para planificar las

estructuras de paisaje que evitarían esos efectos. Por tanto:

- a) Debemos pensar y actuar ahora, aunque no estemos seguros de que todo lo que hagamos sea la mejor solución.
- b) Tenemos que planificar acciones para mitigar los impactos del cambio del uso del suelo que además mitiguen parte de los impactos del CC.

Y una de las acciones que podemos desarrollar ahora mismo es precisamente la mejora de la ordenación y gestión del territorio mediante la implementación de estrategias de infraestructura verde y de soluciones basadas en la naturaleza.

En general, la IV puede ayudar a enfrentar el cambio climático de 2 formas:

- a) Aumentando los niveles globales de resiliencia del sistema urbano-ecológico y con ello mejorar su preparación para escenarios de alta incertidumbre.
- b) Mediante la provisión de servicios ecosistémicos que permitan enfrentar aspectos específicos relacionados con el cambio climático (Gill et al., 2007).

La provisión de esos servicios permitirá una serie de beneficios, a modo de referencias no exhaustivas, y siguiendo las publicaciones de EEA (2011), Kazmierczak and Carter (2010), NCCAP (2020), CEA-Vitoria (2006) y Vásquez, (2016):

Mitigación:

- a) Aumento del efecto sumidero del C, incremento de secuestro de carbono.
- b) Promoción de desplazamientos sostenibles. Reducción de emisiones de C provenientes de los vehículos motorizados por el incremento de las infraestructuras de transporte público y movilidad sostenible (paseos, bicarriles...).
- c) Reducción del uso energético y provisión de energía renovable. Generación de fuentes de energía renovable, por ejemplo, mediante el diseño de edificios con mayor cantidad de vegetación.

- d) Provisión de materiales de construcción menos intensivos en energía.
- e) Producción de alimentos próximos a destinos de consumo.
- f) Reducción del consumo energético (mediante el uso de vegetación como arbolado, fachadas verdes, arquitectura bioclimática).

Adaptación al cambio climático:

- a) Prevención de inundaciones y regulación de escorrentías.
- b) Incremento de la recarga de agua de los acuíferos.
- c) Fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas al CC.
- d) Control de desbordes de ríos y marejadas en zonas costeras.
- e) Regulación térmica y disminución del efecto isla urbana de calor.
- f) Mejora de la permeabilidad ecológica y el movimiento y refugio de especies ante condiciones climáticas extremas mediante la creación de redes ecológicas.

Mejora de la calidad ambiental.

- a) Mejora de la calidad del aire y de la calidad del agua.
- b) Mejora y mantenimiento de la calidad del suelo agrícola (aumento de la fertilidad del suelo).
- c) Control de la erosión del suelo.
- d) Reducción de los niveles acústicos, especialmente en medio urbano.

Mejora de la salud y el bienestar

Un aspecto clave a tener en cuenta es que la infraestructura verde, como estrategia de ordenación territorial, debe perseguir la mejora de la salud, que además está íntimamente vinculada con el cambio climático. Precisamente en la guía de la OMS (2020) se plantea la cuestión: Si el propósito de la planificación no es para los humanos y para la salud del planeta, entonces ¿para quién es?

La pregunta subraya no perder la perspectiva y jerarquizar racionalmente los objetivos de una

adecuada planificación, y uno de ellos es obviamente la salud de la población y el planeta. Una adecuada infraestructura verde mejora la salud y el bienestar de los ciudadanos y de los elementos vivos, tanto de forma activa como pasiva. La lucha contra los efectos del cambio climático redundará en una mejor salud general, por tanto, hablamos inherentemente de adaptarnos y mitigar los efectos del cambio climático y la mejora de la salud. Todo está vinculado.

¿Qué debemos hacer para la mejora de la salud y para luchar contra el cambio climático? Pues planificar asentamientos que demanden menos recursos y sean más resilientes, ello incluye medidas específicas para promover la actividad física y una adecuada alimentación, buenas prácticas, tecnologías innovadoras, soluciones basadas en la naturaleza, una adecuada red de IV sana y equilibrada que ofrezca una cantidad importante de servicios ecosistémicos relacionados.

El cambio climático se encuentra entre los factores que contribuyen a más de 100 enfermedades (Prüss-Ustün et al., 2016). En los tops de esas enfermedades aparecen las famosas enfermedades no transmisibles (ENT) que causan en España más del 92% de las muertes anualmente, entre las que se encuentran el cáncer, la diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, etc. (Soriano et al., 2018) La OMS apunta que una de las 3 causas de su incidencia es una mala urbanización (planificación, gestión y mantenimiento), junto con el envejecimiento poblacional y la globalización.

Dentro de los 5 calificadores de una adecuada planificación territorial y entornos urbanos sostenibles (OMS, 2020) aparece la planificación de lugares que sean más resilientes al cambio climático y a los desastres naturales. ¿cómo podemos hacerlo? Utilizando la salud como una variable, mediante, por ejemplo, el desarrollo de acciones de apoyo para ayudar a reducir la vulnerabilidad a la pérdida humana y material

por desastres inducidos por el clima, incluso a través de cambios en las instalaciones de atención médica y la preparación y respuesta de la atención médica ante los desastres. Otra forma podría ser destacando los vínculos entre la salud y los factores de riesgo ambientales vinculados con el cambio climático que son perjudiciales, como la contaminación del aire.

Haciendo eso, podríamos obtener resultados directos e indirectos en la salud, por ejemplo, a través de espacios abiertos verdes, azules y públicos bien diseñados y accesibles que también actúan como zonas de amortiguamiento y paisajes funcionales o con el diseño de beneficios para la salud en soluciones basadas en la naturaleza para servicios ecosistémicos, mitigación climática y resiliencia.

La OMS (2020) también sugiere recomendaciones con implicaciones para el diseño y planificación urbana y territorial, entre ellas aparece: Proteger el medio ambiente natural, mitigar el cambio climático y respetar las relaciones con la tierra.

La planificación espacial es compatible con el objetivo de mejorar la salud, el bienestar y la equidad en salud en toda la población (o nivel definido de subpoblación). Dentro de los elementos clásicos del enfoque de salud pública es muy relevante la denominada salud pública ecológica: intervenciones de planificación típicas que incluyen planes de acción sobre biodiversidad, planes de energía relacionados con el clima, estrategias espaciales para reducir el consumo de recursos y energía, sistemas alimentarios locales y estrategias de resiliencia, o sea, muy en la línea de los servicios y beneficios que ofrece la infraestructura verde. Es por ello, que esta estrategia permite alcanzar esas firmes metas inherentes de la lógica de la planificación.

En el siguiente gráfico se muestra como los factores espaciales impactan en la salud y la equidad sanitaria.

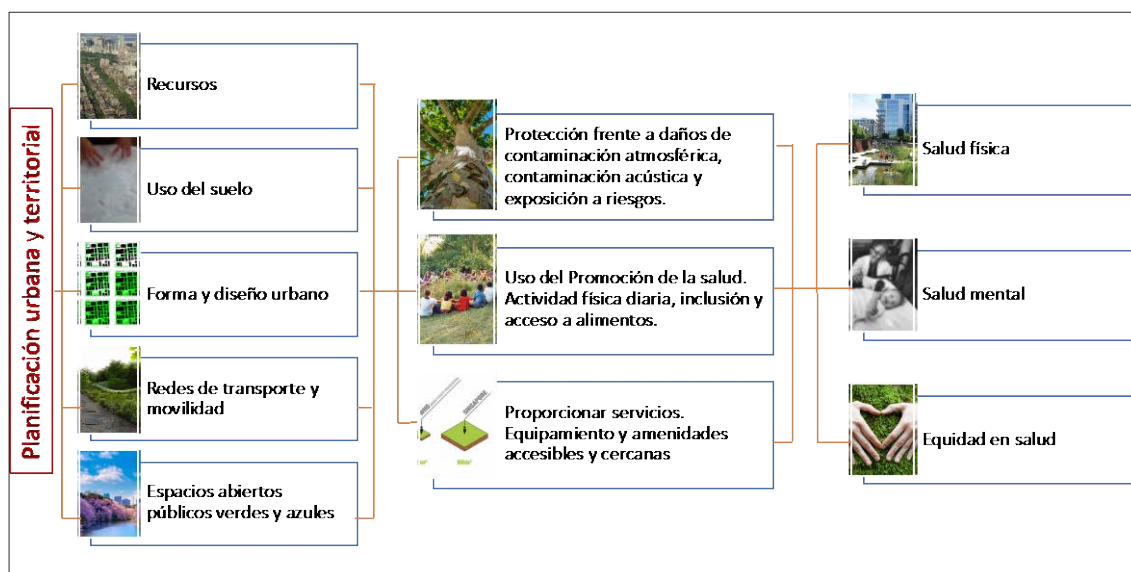


Figura 5. Impacto de los factores espaciales en la salud y equidad de salud. Adaptado de Lan et al., 2018.

Aparte de lo comentado, entre los beneficios vinculados con la mejora de la salud y el bienestar, se incluyen los siguientes:

- a) Fomento de la práctica de actividad física y el deporte.
- b) Mejora de los valores estéticos y aumento de los recursos para la contemplación y el bienestar espiritual.
- c) Creación de medios, herramientas y recursos para la formación y la educación.
- d) Procesos de participación ciudadana.
- e) Incremento de sentimiento de identidad y pertenencia.
- f) Fomento de la agricultura urbana y la producción de alimentos de proximidad. Alimentos km=0 proyectos como Growth local, eat local.

Como se ha evidenciado, la infraestructura verde es una buena oportunidad multiobjetivo y multiescalar para hacer frente a los efectos derivados del cambio climático, incluyendo los de adaptación y mitigación. No obstante, hay que tener en cuenta que debe aplicarse en coherencia con una estrategia más amplia que incluya otro tipo de soluciones. ¿Por qué este aspecto es clave?

En primer lugar, porque las políticas urbanas sobre mitigación del Cambio Climático deben cen-

trarse de forma expresa en las fuentes de contaminación (tráfico, industrias, sistemas de calefacción, etc.), y con más énfasis que en los denominados “sumideros” (soluciones para absorber o contrarrestar los contaminantes, pero con capacidad muy limitada). En segundo lugar, porque respecto a la mitigación y adaptación al CC, los entes locales y metropolitanos deberían fomentar las compensaciones de carbono más allá de sus límites urbanos, ello es obvio dado que se trata de un desafío a escala global, por ello es preciso el trabajo en proyectos colaborativos con mirada integral, simbiótica y sinérgica.

Aparte de ello, la lucha contra el CC y la mejora de la salud, especialmente en nuestras ciudades, comparten objetivos muy claros. Por ejemplo, la mejora de los niveles de contaminación o la amortiguación térmica son indicadores de mitigación del CC y a la vez representan un indicador de calidad urbana con unas consecuencias directas en la mejora de la salud. Pero lo que está claro es que debe planificarse adecuadamente, mediante el inventario de los elementos que la componen, de la identificación y cuantificación de los servicios ecosistémicos, así como de los efectos de las sinergias, antagonismos y diservicios, ya que la infraestructura verde puede proporcionar efec-

tivamente estos servicios ecosistémicos, pero depende de múltiples condiciones estructurales, funcionales y medioambientales. Recordemos que las investigaciones indican que el potencial de la infraestructura verde urbana para contrarrestar las emisiones de carbono, la contaminación atmosférica y el estrés por calor suele ser, en cierta medida, limitado o incierto, en especial a escala metropolitana y de ciudad (Baró, 2017), ello conduce también a la necesidad de seguir investigando en este campo para consolidar esta opción.

Otro aspecto que debe ser abordado para lograr las metas es que los responsables políticos locales deben ser conscientes de su impacto potencial. En general, las administraciones municipales y otros actores urbanos desconocen el verdadero alcance de este tipo de intervenciones verdes, ya que no se suele analizar su contribución real o potencial. Si no hay implicación y propósito firme, la solución se complica.

De forma esquemática, se subrayan algunos aspectos que deberían afrontarse en este tipo de soluciones (Figura 6), emanados de los trabajos de Baró (2016).

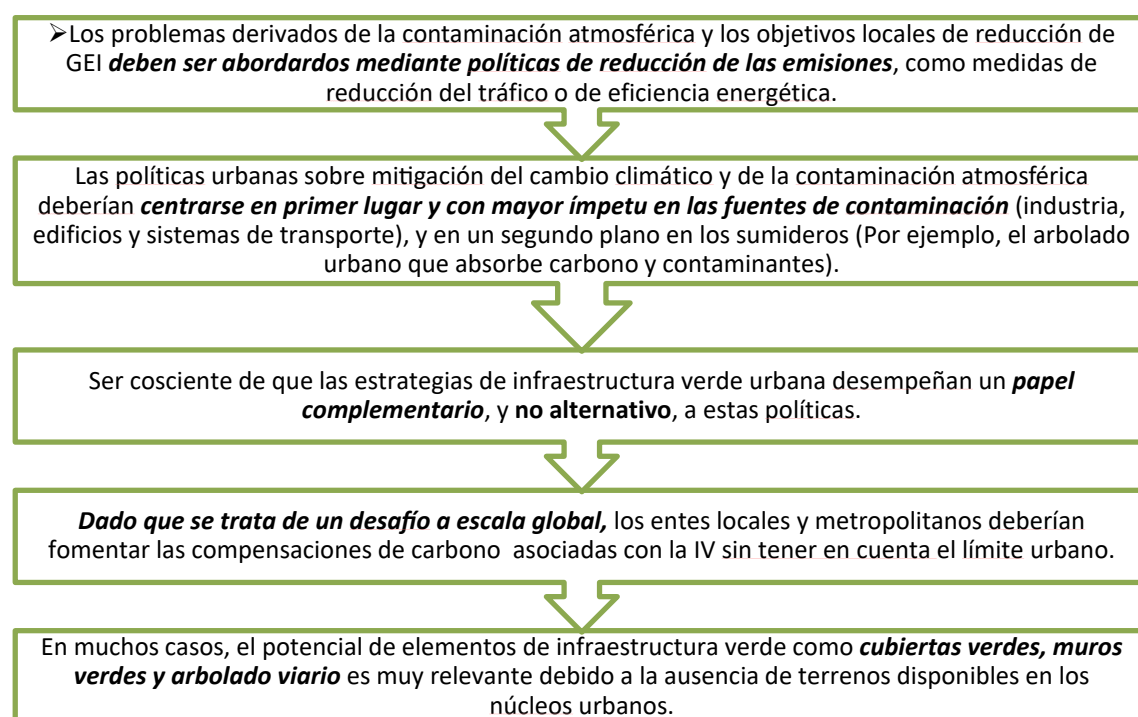


Figura 6. Aspectos clave a incluir en la lucha contra el cambio climático en medio urbano mediante el uso de elementos de infraestructura verde.

5. Casos de estudio de IV frente al CC

La lucha contra el cambio climático es prioritaria y las estrategias de infraestructura verde y azul, así como las soluciones basadas en la naturaleza están siendo implementadas a nivel internacional desde diferentes ópticas, pero para alcanzar ese mismo fin.

Un aspecto importante, cuando se trabaja con el agua como termómetro del CC, es que siempre que sea posible, las estrategias de infraestructura azul deben combinarse con la infraestructura verde para crear beneficios mutuos y

sinérgicos. Y ello de nuevo se liga al enfoque que debe tener cualquier estrategia que no es otro que la salud y el bienestar de las poblaciones de la ciudad.

A nivel internacional hay un gran número de experiencias y propuestas, en este apartado se ha querido seleccionar aquellos que ofrecen una mirada multiescalar y multiescenario para poder ofrecer una heterogeneidad importante en diferentes tipologías de espacio, escala y objetivos perseguidos. Aunque este artículo se centra especialmente en las ciudades, es intere-

sante incluir algún ejemplo de mayor ámbito territorial para mostrar la importancia que tiene a diferentes escalas. En ese sentido, en la publicación de la UE *Green infrastructure and climate adaptation*, se aborda la estrategia europea en la adaptación al cambio climático focalizándola en la infraestructura verde, en ese documento se incluyen varios ejemplos a diferentes escalas de trabajo y tipología de entorno, que incluye ejemplos urbanos, pero también otros escenarios como los desarrollados en entornos de la agricultura del futuro basada en la agroforestería como el caso de Montpellier.

5.1. Caso de estudio a gran escala. Acuerdo del Corredor Verde del Bajo Danubio

Se trata de un buen ejemplo a gran escala y de colaboración internacional en el que 4 países, Bulgaria, Rumania, Ucrania y Moldavia, firmaron en el año 2000, el Acuerdo del Corredor Verde del Bajo Danubio para crear un corredor a lo largo del río (Figura 7). Su objetivo es *reducir los riesgos de grandes inundaciones* en áreas con asentamientos humanos. La IV a lo largo del río se ha protegido y restaurado mediante humedales naturales, y el río se ha vuelto a conectar a sus áreas de inundación natural. La inversión asciende a 183 M de euros, una cifra elevada, pero si la comparamos con los daños derivados de la inundación que sufrió la zona en 2005, es una buena inversión, ya que en esa catástrofe los daños ascendieron a 396 M de euros. Aparte de ello, se prevén unos ingresos derivados de esta actuación en torno a 85,6 M de euros/año. La estimación es que cada hectárea de llanura de inundación restaurada proporcione 500 euros/año en servicios ecosistémicos, lo que ayuda a diversificar los medios de vida de la población. **Casos de estudios urbanos**

a) Budapest 2030- NBS for climate resilience and pollution control

Budapest tiene 1,7 millones de habitantes y se enfrenta a varios desafíos sociales y ambientales. La temperatura media ha aumentado en

1.5 °C desde la década de 1970, y los modelos proyectan un aumento adicional de 4-6°C en 2100. Este aumento de temperatura, con el re-

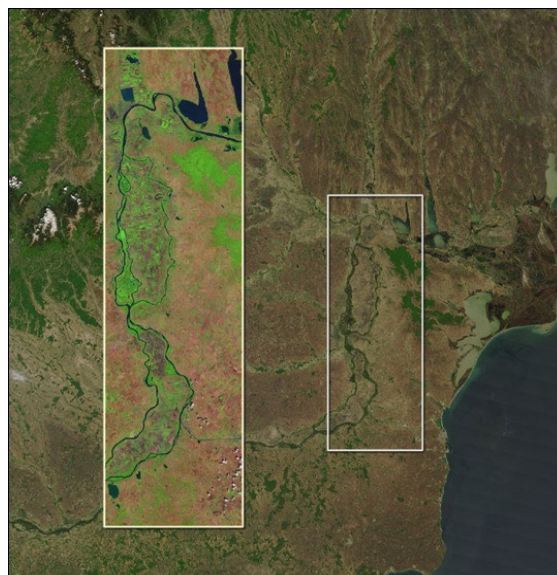


Figura 7. Lower Danube Green Corridor.

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/3997/lower-danube-green-corridor>

ciente empeoramiento de la contaminación del aire y el efecto de isla de calor de las áreas urbanas, se han traducido en serios impactos en la población. Además, la cantidad de suelo sellado es muy elevada (el 52% está edificado), aunque hay una gran cantidad de espacio urbano vacante que podría transformarse en áreas verdes. Los distritos de alta densidad (el 10% del territorio de la ciudad alberga al 28% de la población) y los vecindarios con tensiones sociales y segregación, se beneficiarían del desarrollo de nuevas áreas verdes.

Budapest ha desarrollado su propuesta estratégica para promover las NBSs como una forma de mejorar el medio ambiente, la sostenibilidad y la calidad de vida. Tiene como objetivo proteger y aumentar las áreas verdes para garantizar la conectividad ecológica y desarrollar corredores para caminar y andar en bicicleta. También persigue una mayor inversión en zonas abandonadas, el control de la expansión urbana y el desarrollo de ciudades 'inteligentes'. La denominada Estrategia Integrada de Desarrollo Urbano 2020 prioriza transformar Budapest en una ciudad habitable y respetuosa con el medio ambiente. Por su parte, su

Estrategia de Infraestructura Verde (en desarrollo) busca obtener un inventario de elementos, lograr analizar las inversiones anteriores e identificar objetivos de desarrollo y áreas de acción. Esta iniciativa busca promover la

biodiversidad y la conectividad; adaptarse al cambio climático; aumentar la calidad de las condiciones sociales y de salud; y mejorar el potencial económico y turístico (Figura 8).



Figura 8. Vista de Budapest. <https://connectingnature.eu/oppla-case-study/19444>

Uno de los proyectos es la creación de los llamados pocket parks; los edificios de apartamentos en el centro de Budapest suelen tener jardines comunitarios interiores, que a menudo están sellados con hormigón. La eliminación del hormigón para crear pequeños pocket parks puede mejorar la retención de agua y el microclima.

Además, puede proporcionar oportunidades para la jardinería, o incluso para la producción de alimentos a pequeña escala. Estos espacios son críticos para aumentar la cantidad de áreas verdes en vecindarios que tienen espacio limitado. Un ejemplo interesante son los jardines comunitarios como Grundkert, Kerhtatár y Lecsó.

De la misma forma, Budapest también invierte en zonas de transición y ribereñas para rejuve-

necer los parques de la ciudad. Un buen ejemplo es el parque Nehru en el distrito IX y el desarrollo de áreas de ocio al aire libre en el distrito XX.

Por otra parte, ha habido un fuerte enfoque en preservar la zona suburbana, los bosques en las afueras de la ciudad y las áreas verdes existentes. Ello puede ser visualizado en la revitalización del arroyo Szilas en el distrito XVI o del arroyo Rákös.

b) Rotterdam climate resilient city: flood protection

La estrategia urbana de adaptación de la ciudad de Rotterdam permite adaptarse al CC y pone de manifiesto cómo los residentes y las empresas pueden obtener el máximo beneficio. Rotterdam es una ciudad que por sus espe-

ciales características (el 60% de la población vive bajo el nivel del mar) precisa enfrentarse a los aumentos del nivel del mar y las descargas extremas de los ríos, lo que puede aumentar el riesgo de inundación y el riesgo de víctimas y pérdidas económicas. Al mismo tiempo, el CC aumenta la frecuencia de fuertes lluvias o largos períodos de sequía, lo que afecta también a la calidad de vida en la ciudad. Por ello, han desarrollado una combinación de soluciones técnicas, que incluye el desarrollo de:

- Plazas y canales de agua para aliviar el sistema de alcantarillado.
- Zonas de infiltración verde a lo largo de infraestructuras.
- Integración de árboles y vegetación en áreas al aire libre (públicas y privadas) para reducir la T de la ciudad y evitar inundaciones.

Uno de los ejemplos más significativos es la Plaza Benthemsquare (Figura 9), la primera plaza de agua de la ciudad de Rotterdam, en la que se combina la protección contra inundaciones con un espacio público mejorado y una cobertura vegetal. Está compuesto por espacios de retención de agua de lluvia y además se puede utilizar como un parque deportivo. Ha sido incentivado por el gobierno local a través de esquemas de subsidios para propiedades privadas y la implementación obligatoria en propiedades municipales.

Además, este ejemplo también demuestra que una estrategia de adaptación al CC puede impulsar la **economía regional**: en este caso, 3.600 empleos están directamente relacionados con la adaptación al CC.

c) Leeds

La ciudad de Leeds está atravesada por el río Aire. Desde el siglo XIX, existen unos azudes de mampostería instalados en el cauce del río para crear un tramo navegable y también para generar energía. Sin embargo, los efectos del cambio climático han originado grandes lluvias que han provocado inundaciones al desbordarse el río.

Concretamente, en 2015, la ciudad sufrió graves inundaciones, episodio en el que se alcanzaron algunos de los niveles del río más altos registrados. Para hacer frente a este tipo de desastres, la ciudad de Leeds está respondiendo con un enfoque en toda la cuenca, mejorando la planificación de la resiliencia de la ciudad.



Figura 9. Plaza Benthemsquare.

<https://www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein>.

Se trata de un sistema que se extiende 4,3 km y se compone de nuevos muros de piedra, y en algunos puntos de cristal, que se sitúan en los puntos de riesgo de desborde. A ello se le suman unas compuertas mecánicas de acero que funcionan como azudes. Éstas se abrirán progresivamente en función del nivel del agua, quedando cerradas cuando no haya peligro de inundación.

Con este sistema se protegen 500 negocios y 3000 viviendas, y también se ofrece un nuevo espacio útil para las personas.

En la estrategia Leeds City Region (Green and Blue Infrastructure Strategy) 2017-2036 se persigue el uso de la infraestructura azul y verde para minimizar inundaciones.

d) Sydney

La ciudad de Sydney fue azotada por una gran sequía que también afectó a toda Australia. La previsión es que este problema se agrave en el escenario actual de cambio climático, la previsión se traduce en un aumento del 30% de la demanda actual de agua para 2030. Ante este

desafío, la ciudad está desarrollando una estrategia para proteger a la ciudad de la sequía y "mantenerla verde", intentando mantener el uso de agua potable en el nivel de consumo de 2006.



Figura 10. Sydney water park re-use. <https://iwa-network.org/city/sydney/>

El denominado *Plan Maestro de Agua Descen-tralizada* está reduciendo el uso innecesario de agua mediante la instalación de sistemas de recolección de aguas pluviales y la toma de medidas de eficiencia de uso del agua

tanto en nuevos desarrollos como en los ya existentes, además del uso de agua reciclada siempre que sea posible.

El enfoque de gestión del agua para reducir la vulnerabilidad a las sequías incluye el uso de menos cantidad de agua mediante un cambio en el comportamiento, así como el desarrollo de instalaciones y accesorios eficientes en el uso del agua, reducción de la contaminación de las aguas pluviales, minimizar el riesgo de inundaciones locales y mejorar el enverdecimiento y el enfriamiento urbano mediante la modernización de la gestión de las aguas pluviales con jardines de lluvia, humedales y trampas de contaminantes gruesos (Figuras 10 y 11).

Se trata de un proyecto colaborativo en toda la ciudad de aspectos relacionados con el agua, y además se monitoriza con la ayuda de institutos de investigación locales, lo que aumenta la conciencia en toda la población.



Figura 11. Proyecto de Sydney Water Park. <https://good-design.org/projects/sydney-park-water-re-use-project/>

e) Chidorigafuchi, Tokio

Tokio es una de las ciudades más eficientes en el uso de agua en el mundo, con tasas de fuga de menos del 3%. El Plan Ambiental de Tokyo Waterworks proporciona una estrategia efectiva que establece 34 objetivos en torno a cuatro políticas; promoción de la eficiencia energética; conservación de un ambiente de agua saludable; uso efectivo de los recursos; y promoción de la comunicación ambiental. Esto incluye la gestión de un bosque de conservación de agua de 23.000 ha, la implantación de techos verdes en los edificios de oficinas y la gestión exhaustiva de la infraestructura (Figura 12).



Figura 12. Chidorigafuchi. <https://www.go-tokyo.org/es/spot/45/index.html>

f) El anillo verde urbano de Mirandola (Módena)

Incluye un Plan de energía local para reducir el consumo y responder al cambio climático. El objetivo es crear un cinturón verde forestal de 320 acres alrededor de la ciudad para proporcionar sombra y regulación térmica en verano, así como almacenar CO₂. De la misma forma, se persigue reducir el consumo un 20%, fortalecer la conectividad, reducir el riesgo de inundaciones, la erosión y mejorar la calidad urbana. El documento principal de implementación es la transferencia de derechos de desarrollo (permisos de edificación más flexibles a cambio de reservar tierras para el cinturón verde).

g) Central Park and Canal. New Songdo City. South Korea

El denominado Central Park y su canal de agua de mar proporcionan a la ciudad de Songdo un oasis multifuncional para un distrito comercial internacional (Figura 13).

En este espacio, se ha creado el primer canal de agua de mar de Corea del Sur en 1,500 acres de tierra recuperada del Mar Amarillo. El proyecto incluyó una amplia y ambiciosa estrategia de remediación para crear un paisaje que permitiese plantaciones adecuadas en los suelos dragados del mar. El canal en sí proporciona servicios de regulación, un mecanismo de enfriamiento natural para hacer frente al efecto de isla de calor urbano y además, aumenta la biodiversidad. El parque circundante ofrece un refugio verde que se extiende sobre 100 acres. En este proyecto, se incluye el almacenamiento subterráneo del agua de la lluvia fuerte de verano. El agua se almacena durante todo el invierno para el riego en la primavera. Este sistema se complementa con una vegetación cuidadosamente seleccionada que favorece las condiciones secas, ahorrando energía al minimizar el uso del sistema de bombeo.

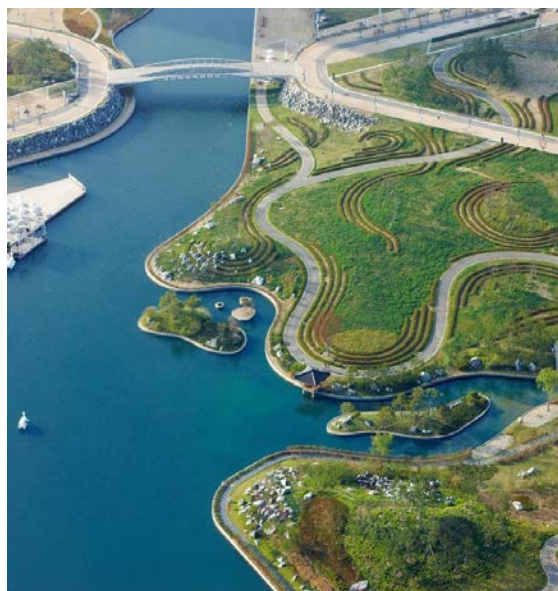


Figura 13. Central Park and canal. New Songdo City. <https://www.kpf.com/de/projects/songdo-central-park>

5.2. Proyectos y recomendaciones técnicas

Proyecto INVERCLIMA.

Se trata de un proyecto de investigación desarrollado por la Universidad de Santiago de Compostela con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica a través de la *Fundación Biodiversidad*, con el que se pretende mejorar la planificación territorial de la infraestructura verde con el fin de contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático. Sin perder de vista que la multifuncionalidad es una característica imprescindible de la infraestructura verde, el objetivo de INVERCLIMA es proporcionar un diseño espacial de esta red de ecosistemas que preste especial atención al cambio climático. Para ello, este proyecto pretende identificar los servicios ecosistémicos prioritarios, evaluar el potencial de todo el territorio gallego para proporcionar cada uno de estos servicios y, a partir de los resultados de los análisis anteriores, llevar a cabo la planificación territorial de la infraestructura verde. En todo el proceso se tendrá en cuenta la opinión de la población, de modo que serán los ciudadanos los que prioricen los servicios ambientales que consideren más importantes y propondrán zonas para su inclusión en la infraestructura verde. De esta manera, se persigue proporcionar conocimiento y una metodología para el diseño espacial de la infraestructura verde de un territorio integrando la respuesta al cambio climático. Como objetivos específicos podemos señalar:

1. Incorporar la adaptación al cambio climático en la ordenación del territorio a través de la integración de la infraestructura verde en los planes territoriales.
2. Facilitar la delimitación geográfica de la infraestructura verde de un territorio.
3. Considerar la provisión de servicios ecosistémicos, la biodiversidad y la conectividad ecológica en la zonificación de los instrumentos de ordenación territorial.

4. Mejorar la participación pública en el diseño de la infraestructura verde para la adaptación al cambio climático.

5. Gestionar adecuadamente el proyecto y divulgar los resultados.

Algunos ejemplos significativos son:

Guía de Infraestructura verde de la FEMP

En este documento se incluyen numerosos ejemplos de éxito a diferentes escalas de trabajo que pueden ser consultados desde la guía y que ofrecen soluciones específicas para el control por ejemplo de las aguas de tormenta.

A Guide to help communities better manage stormwater while achieving other environmental, public health, social, and economic benefits³.

Se trata de estrategias para crear comunidades sostenibles e incorporar elementos de infraestructura verde, proponiendo un sistema para organizar a los implicados en el plan de infraestructura verde y su desarrollo.

Recomendaciones de uso de la infraestructura verde frente al cambio climático del Australian Institute of Landscape Architects

Este ejemplo de Australia en realidad no se trata de un caso de estudio específico, sino de un manual de soluciones precisamente para hacer frente al CC mediante proyectos de arquitectura del paisaje, concretamente de infraestructura verde. Publicado por el AILA (Australian Institute of Landscape Architects), este documento aborda de forma directa la adaptación y mitigación del CC y como la planificación y gestión de IV dentro del ambiente urbano fortalece la efectividad de respuestas al CC a escala local y regional. Este enfoque incluye trabajar a nivel de gestión en cuatro frentes: gestión de la vegetación, gestión integrada del agua, gestión integrada del suelo y estrategias de planificación integradas. Se exponen en la figura 14.

³ <https://www.epa.gov/smartgrowth/enhancing-sustainable-communities-green-infrastructure>

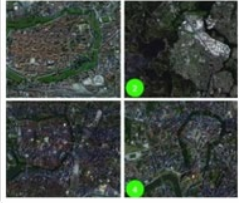
Gestión integrada de la vegetación	Gestión integrada del agua	Estrategias de planificación integradas.	Gestión integrada del suelo
 • Moderación efecto GEI- impactos en el uso del agua y energía, infraestructura económica, biodiversidad y salud humana • Mejora de la calidad del aire • Capacidad de refugio/tampón para eventos climáticos extremos. • Reducción de GEI vía secuestro de C. • Incremento de identidad local. • Fortalecimiento de biodiversidad- conectividad, corredores y conectores. • Valores económicos- estéticos, potencial de carbono, agricultura urbana y forestal. • Añadir valor WSUD (water sensitive urban design)- mayor infiltración reduce el riesgo de inundaciones y contaminación. • Capacidad de producción de comida.	 • Control de sequía e inundaciones- mayor resiliencia y adaptabilidad para ambas situaciones y planificación para respuesta a corto plazo. • Gestión de amenazas en la costa en relación a l nivel del mar y olas en tormentas. • Reducción GEI (reducción de energía para bombeo). • Fortalecimiento de la biodiversidad. Corredores y conectores a escala de calidad de agua, hábitat acuáticos. • Gestión de residuos- filtro y asentamiento para reutilización y cosechas. • Valores económicos.	 • Desarrollo de paisajes multifuncionales.- identidad cultural, sentido de conectividad, capacidad comunitaria adaptativa. • Valor añadido de paisajes existentes-via mejora de la conectividad, biodiversidad, calidad ambiental y resiliencia. • Priorización de beneficios medioambientales, socioculturales y económicos de adaptación de paisajes mejorados. Fortalecimiento de la capacidad adaptativa y potencial para reducir desarrollos de impactos adversos.	 • Reducción de GEI vía secuestro de C. • Fortalecimiento de la biodiversidad. • Capacidad e producción de alimentos. • Mejora de la calidad del agua.

Figura 14. Bloques de posibles acciones para mitigar el cambio climático y adaptarse con actuaciones basadas en infraestructura verde. Australian Institute of Landscape Architects

6. Conclusiones

Como se ha puesto de manifiesto, la infraestructura verde entendida desde un prisma conceptual, holístico, integrador, multiescalar y multifuncional representa una buena oportunidad para mitigar y adaptarnos a los efectos del cambio climático, siempre desde una óptica de complementariedad a otras medidas dirigidas expresamente a los focos contaminantes.

Se trata de una estrategia, verde y azul, que permite un cambio en el diseño y planificación urbanas para lograr espacios más vivibles y una mejora en el bienestar y la salud de los ciudadanos.

En definitiva, tenemos la gran oportunidad de cambiar la forma de planificar el territorio, en

especial, el urbano, mediante soluciones adecuadas para adaptarse al CC y mitigarlo, pero debemos hacerlo en la búsqueda de la excelencia técnica, integrando todos los aspectos señalados y con las limitaciones que han sido definidas, impulsando la difusión de estas ideas entre diferentes sectores, en especial el político, y abordando cada escenario desde un enfoque amplio para conseguir los mejores resultados. Pero debemos hacerlo cuanto antes, porque el tiempo apremia y no queremos ver que dentro de otros 12 años la IPCC confirme que estamos en una situación similar o peor.

«¿Amas la vida? Pues si amas la vida no malgastes el tiempo, porque el tiempo es el bien del que está hecha la vida.» -Benjamín Franklin (1706-1790)

7. Referencias

- Australian Institute of Landscape Architects (AILA). (2013). Adapting to climate change. Green infrastructure planning increasing connectivity, multifunctionality and landscape performance in the built environment.
http://www.greeninfrastructure.org.au/docs/AILA_green%20infrastructure.pdf
- Banco Mundial (2018). Datos de Población urbana. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>
- Baró Porras, F. (2016). Urban green infrastructure modelling and mapping ecosystem services for sustainable planning and management in and around cities. Universitat Autònoma de Barcelona,
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2012). Green infrastructure: linking landscapes and communities. Island press.
- Brennan, J. (2017). Against democracy: New preface. Princeton University Press.
- CICES (2018). The Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). <https://cices.eu>
- Calaza Martínez, P. (2019). Guía de Infraestructura verde municipal. FEMP, ASEJA y AEPJP.
- Costanza, R.; D'arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.; Paruelo, J.; Raskin, R.; Suttonk, P. & Van Den Belt, M. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, Vol. 387, p. 253-260.
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological economics, 41(3), 393-408.
- Firehock, K. (2010). A Short History of the Term Green Infrastructure and Selected Literature. Retrieved from: <http://www.qi-cinc.org/PDFs/GI%20History.pdf>
- Floods Directive: http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/index.htm
- Fromm, E. (1964). El corazón del hombre. México DF.
- Fromm, E. (1973). The anatomy of human destructiveness. Greenwich.Conn.: Fawcett.
- Gilles, C. (2004). Manifiesto del tercer paisaje. Editorial Gustavo Gili, París.
- Jongmann, R. H., Steingrover, E., & Boumwa, I. M. (2014). Spatial planning of Green Infrastructure in a changing climate. Climate Change and Nature Conservation in European ecological, policy and economic perspective, 48
- Lan W, Shuwen L, Xiaojing Z (2018). Exploration of approaches and factors for healthy city planning. China City Planning Rev. 27(1).
- Landscape Institute (2008). Landscape architecture and the challenge of climate change. Landscape Institute Position statement.
- Lower Danube Green Corridor: floodplain restoration for flood protection <http://cli-mate-adapt.eea.europa.eu/>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystem and Human Well-being: Current State and Trends. Washington: Island Press, 2005.
- Naciones Unidas (2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- Naumann, S. et al. (2011): Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe.
- Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos R, Neira M (2016). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva: World Health Organization.
- Rotterdam climate resilient city; <http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/en>

Mayors Adapt initiative:

<http://mayors-adapt.eu/>
[European Climate Adaptation Platform:](http://climate-adapt.eea.europa.eu/)
<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

Soriano, J. B., Rojas-Rueda, D., Alonso, J., Antó, J. M., Cardona, P. J., Fernández, E., & Lazarus, J. V. (2018). La carga de enfermedad en España: resultados del Estudio de la Carga Global de las Enfermedades 2016. *Medicina Clínica*, 151(5), 171-190.

Spirn, A. W. (1984). *Granite garden*. Basic Books.

Steiner, F. (2011). Landscape ecological urbanism: Origins and trajectories. *Landscape and urban planning*, 100(4), 333-337.

Steiner, F. R. (2016). *Human ecology: How nature and culture shape our world*. Island Press.

Unión Europea (2013). Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa. {SWD (2013) 155 final}

Unión Europea (2013). Communication from the commission to the european parliament, the Council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital /* COM/2013/0249 final. http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm

Unión Europea. (2014). Construir una infraestructura verde [para Europa](#).

Recuperado de: <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>

Unión Europea.

https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/Green%20Infrastructure/GI_climate_adaptation.pdf

UICN (2016). Resolución de la UICN WCC-2016-Res-069. <https://portals.iucn.org/library/node/46486>

UK National ecosystem Assessment (2011). <http://uknea.unep-wcmc.org/Re-sources/tabid/82/Default.aspx>

UN-Habitat (2020). *Integrating health in urban and territorial planning: a sourcebook*. Geneva: UN-HABITAT and World Health Organization, Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Van der Ryn, S., & Cowan, S. (1996). *Ecological Design*, Island.

Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 63-86.

Wallace, K. Classification of Ecosystem Services: Problems and Solutions. *Biological Conservation*, 2007, Vol. 139, N° 3-4, p. 235-246.

Williams, R. A. (2000, October). Environmental planning for sustainable urban development. In *Caribbean Water and Wastewater Association Conference & Exhibition* (Vol. 3, No. 2, pp. 1-20).

Wilson, E.o.(1984) *Biophilia*. Cambridge (MA): Harvard University Press, 1, 79.

WWDR (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. Agua para un mundo sostenible. http://www.unesco.org/new/filead-min/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf