

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Aplicación de Soluciones basadas en la Naturaleza en áreas industriales para su contribución a la adaptación y mitigación del cambio climático





CONAMA 2020

APLICACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN ÁREAS INDUSTRIALES PARA SU
CONTRIBUCIÓN A LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Autor Principal: M. Rosario del Caz Enjuto (Universidad de Valladolid)

Otros autores: Silvia Fernández Marín (Cluster AEICE) e Inés Méndez Tovar (FPNCyL)

APLICACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN ÁREAS INDUSTRIALES PARA SU CONTRIBUCIÓN A LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Palabras clave

Soluciones basadas en la Naturaleza, áreas industriales, cambio climático, biodiversidad, calidad ambiental

Resumen

La comunicación que se presenta quiere dar cuenta de los resultados parciales de investigación logrados hasta la fecha por el proyecto Interreg Poctep denominado INDNATUR_Mejora del entorno urbano en áreas industriales, adaptación al cambio climático y mejora de la calidad del aire a través de la aplicación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). Concretamente, dicha comunicación se centra en el análisis de aquel tipo de SbN que puedan aplicarse con mayor probabilidad de éxito en áreas industriales consolidadas, ya que estos ámbitos tienen unas peculiaridades y unas dificultades, inherentes a sus funciones, que hacen compleja la inclusión de dichas SbN.

Dado que el proyecto INDNATUR tiene como actividad principal la realización de sendos corredores verde-azul que concentren SbN en los polígonos industriales de Argales (Valladolid) y Cantarias (Bragança), de forma previa a la toma de decisiones sobre las soluciones más adecuadas, se ha realizado un análisis sobre el estado de la cuestión en relación a SbN en áreas industriales para, posteriormente, elaborar un “catálogo de fichas de Soluciones basadas en la Naturaleza para su aplicación en polígonos industriales”, que es, hasta la fecha, el principal resultado obtenido, dado que aún no han comenzado a ejecutarse las obras.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las llamadas Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) han despertado significativo interés, tanto en el ámbito académico como en el profesional, especialmente desde que en 2015 la Comisión Europea hiciera público el documento Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities. Desde entonces, muchos son los proyectos y las intervenciones que han incorporado las SbN, un tipo de actuaciones que copian, imitan o se apoyan en los procesos naturales para proporcionar servicios ecosistémicos.

Tanto la literatura especializada como las fuentes de comunicación de proyectos financiados (fundamentalmente por la Unión Europea) dan cuenta de la implementación de diversos tipos de SbN en ámbitos muy dispares, tanto de escala territorial como de escala urbana. En esta última, muchas de las propuestas se centran en espacios residenciales, equipamientos de todo tipo o bien espacios libres. Sin embargo, hay un tipo de entornos que, hasta ahora y de manera casi general, han quedado relegados: las áreas industriales.

A pesar de que las áreas industriales constituyen, por su propia naturaleza, ámbitos con un importante papel en las ciudades y con una relevante repercusión en los impactos que contribuyen a la generación del cambio climático, son minoritarias las intervenciones relacionadas con la adaptación y mitigación del mismo que pueden encontrarse en ellas.

El proyecto INDNATUR prevé un buen número de acciones, aunque todas ellas giran y se sustentan en la construcción de los corredores verde-azul mencionados. Con el fin de constatar las mejoras ambientales de las intervenciones, una parte fundamental del proyecto es la monitorización de diversos factores: calidad del aire (medición de CO₂, NO₂, micropartículas PM 2,5 y O₃), confort urbano (monitorización y modelización de microclima), biodiversidad (presencia de aves, carábidos y lepidópteros, por ser estos animales muy sensibles a los cambios ambientales) y cualidades y permeabilidad del suelo. Del mismo modo, se ha realizado un análisis exhaustivo de las características de ambos polígonos (vegetación y cálculo del Índice Biótico del Suelo (IBS)¹, usos y actividades, condiciones del viario y los espacios libres, existencia de elementos de interés desde el punto de vista ambiental (como cursos de agua, por ejemplo), etc.

En otro orden de cosas, el proyecto contempla la capacitación de profesionales y trabajadores relacionados con el sector del urbanismo y la edificación, la formación en emprendimiento y empleo verde relacionado con las SbN, la redacción de diversos documentos técnicos que puedan tomarse como soporte para una mejor gobernanza en torno a las SbN, así como la promoción de la participación y sensibilización ciudadana, la transferencia de conocimiento y la comunicación.

Por lo que se refiere al catálogo de fichas, que es el resultado inicial que se presenta en esta comunicación, el objetivo principal es el de disponer de una documentación útil y versátil que pueda ser utilizada en las diferentes fases del proyecto INDNATUR, para dar soporte a las diversas actividades previstas dentro del mismo. Se pretende que las fichas técnicas sean de ayuda para la toma de decisiones sobre la implementación de SbN en los polígonos industriales de Argales y Cantarias. Pero, también se consideran necesarias como material de apoyo para las acciones anteriormente enunciadas.

METODOLOGÍA

En el caso concreto de la elaboración de catálogo de fichas de SbN se ha realizado, en primer lugar, un estudio sobre el estado de la cuestión, basado mayoritariamente en la consulta de literatura especializada teórica y de estudio de casos. El resultado de dicho estudio se ha

¹ El IBS valora la proporción entre las superficies que actúan como soporte del ecosistema urbano y desarrollo de biotopos y la superficie total de un ámbito.

estructurado en tres partes: una visión general sobre las SbN, una mirada específica sobre las SbN en áreas industriales y una revisión de casos de aplicación de SbN en dichas áreas. A raíz de este estudio se puede concluir que, a día de hoy, mientras que la literatura especializada sobre diversos aspectos de las SbN ha tenido un gran desarrollo, los trabajos que tratan sobre el papel que éstas pueden jugar en ámbitos industriales son escasos, como lo son los casos prácticos de aplicación. Y más específicamente si la aplicación se refiere a polígonos industriales construidos hace décadas.

Las fichas se agruparon, atendiendo a las condiciones de la convocatoria Interreg Poctep², en dos grupos: ámbito público y ámbito privado, dentro de los cuales se han definido dos subgrupos: calles y espacios libres en el primero, y espacio libre y edificaciones en el segundo. No obstante, varias de ellas pueden aplicarse indistintamente en uno u otro ámbito. Los grupos y subgrupos de fichas se han identificado por colores (Figura 1).

Los criterios para la selección de los tipos de SbN que componen el catálogo han atendido a su factibilidad a la hora de aplicarlos en contextos urbanos con características muy particulares. En buena medida, la decisión sobre la elección de unas u otras SbN se basó en los análisis detallados previos de las dos áreas industriales del proyecto (Argales y Cantarias), que proporcionaron información sobre las características físicas y de funcionalidad de los mismos. En el proceso de toma de decisiones de cara a la posterior implementación de las SbN se han tenido en cuenta aspectos como: la morfología urbana, el reparto modal de las secciones de las calles, la existencia de infraestructuras subterráneas y sus requisitos técnicos, la disponibilidad de espacio suficiente, las necesidades y condiciones de uso de los vehículos pesados, las normativas urbanísticas y sectoriales, etc.

Por lo que se refiere a barreras y claves de éxito hay que diferenciar entre las SbN que se instalarán en espacios públicos y aquellas que lo harán en espacios privados. En el primero de los casos, las mayores dificultades halladas hasta la fecha han sido la de compatibilizar las plantaciones de árboles con las infraestructuras urbanas, por los requerimientos técnicos de éstas. Del mismo modo, resulta compleja la instalación de SUDS (zanjas filtrantes continuas, bandas filtrantes de aparcamiento, etc.) compatibles con el uso intensivo de las áreas industriales (por existencia de grandes vados, radios de giro amplios, presencia de vehículos pesados...). Las claves de éxito en estos casos están en el diálogo permanente y la toma consensuada de decisiones con los diversos servicios municipales (tráfico, parques y jardines, gestión del ciclo del agua, etc.). En cuanto a las SbN propuestas para su instalación en espacios privados, una de las principales barreras detectadas hasta el momento, en las diversas reuniones mantenidas con los propietarios de las parcelas de las áreas industriales, ha sido el recelo y el escepticismo ante los beneficios de este tipo de soluciones. A lo que se añade, en estos meses de incertidumbre económica asociada a la crisis por la pandemia, la falta de expectativas de inversión a corto plazo en implementación de SbN. En este caso, las claves de éxito podrían venir de la mano de la formación, divulgación y sensibilización que se está llevando a cabo dentro del proyecto, así como de la percepción "in situ" de los beneficios, una vez estén concluidos definitivamente los corredores verde-azul de cada polígono industrial.

² La financiación de la Unión Europea para la construcción de los corredores verde-azul en Argales y Cantarias puede destinarse en exclusiva a intervenciones en espacios públicos. No obstante, el proyecto se ha marcado el objetivo de intentar sumar al proyecto algunas intervenciones en espacio privado (que han de financiar los propietarios de las parcelas y/o edificaciones). Es por ello que, entre las diversas acciones del proyecto, la participación y conocimiento de las SbN juegan un importante papel.



Figura 1. Conjunto de fichas de SbN para su aplicación en áreas industriales. (Elaboración propia)

Cada ficha se ha diseñado en un formato manejable: un A5 por las dos caras, de forma que pueda utilizarse tanto para presentaciones virtuales, como para ser impresas y manejadas fácilmente en reuniones presenciales. Cada una de ellas se ha organizado siguiendo un mismo patrón, según el cual se han definido los siguientes apartados (Figura 2):

- Una imagen representativa del resultado que se persigue. Por lo general se han dispuesto simulaciones correspondientes al polígono industrial de Argales, en Valladolid.
- Una breve descripción de la solución, a modo de introducción, para contextualizar el tipo de solución.
- Un cuadro en el que se hace una estimación de los beneficios sociales, medioambientales, económicos y culturales de la solución propuesta.
- Un apartado en el que se exponen, de manera sucinta, los requisitos básicos de la solución propuesta.
- Unas imágenes de casos prácticos en los que se muestra la solución propuesta implantada en un contexto real.
- Las referencias consultadas para la elaboración de la ficha.



Ámbito público	Espacios libres	JARDÍN DE LLUVIA	Ámbito público	Espacios libres	JARDÍN DE LLUVIA																								
 <p>Beneficios aportados</p> <table border="0"> <tr> <td>Sociales</td> <td>Ambientales</td> </tr> <tr> <td>Mejora del confort térmico y reducción de la contaminación acústica y mental y calidad de vida.</td> <td>Mejora y adaptación al cambio climático.</td> </tr> <tr> <td>Mejora de la salud y bienestar.</td> <td>Biodiversidad.</td> </tr> <tr> <td>Mejora de la calidad del agua y del medio ambiente.</td> <td>Mejora de la calidad del agua y del medio ambiente.</td> </tr> <tr> <td>Mejora de la salud y bienestar.</td> <td>Estabilidad del suelo y lucha contra la erosión.</td> </tr> <tr> <td>Mejora de la salud y bienestar.</td> <td>Reducción de calor.</td> </tr> <tr> <td>Económicos</td> <td>Culturales</td> </tr> <tr> <td>Ahorro energético de los edificios.</td> <td>Mejora de la calidad paisajística del entorno.</td> </tr> <tr> <td>Incremento del valor de los edificios.</td> <td>Mejora de la conectividad del espacio urbano.</td> </tr> <tr> <td>Mejora de la salud y bienestar.</td> <td>Integración de espacios de recreación en la ciudad.</td> </tr> <tr> <td>Mejora de la salud y bienestar.</td> <td>Identificación con el lugar y sentido de pertenencia.</td> </tr> <tr> <td>Mejora de la salud y bienestar.</td> <td></td> </tr> </table>			Sociales	Ambientales	Mejora del confort térmico y reducción de la contaminación acústica y mental y calidad de vida.	Mejora y adaptación al cambio climático.	Mejora de la salud y bienestar.	Biodiversidad.	Mejora de la calidad del agua y del medio ambiente.	Mejora de la calidad del agua y del medio ambiente.	Mejora de la salud y bienestar.	Estabilidad del suelo y lucha contra la erosión.	Mejora de la salud y bienestar.	Reducción de calor.	Económicos	Culturales	Ahorro energético de los edificios.	Mejora de la calidad paisajística del entorno.	Incremento del valor de los edificios.	Mejora de la conectividad del espacio urbano.	Mejora de la salud y bienestar.	Integración de espacios de recreación en la ciudad.	Mejora de la salud y bienestar.	Identificación con el lugar y sentido de pertenencia.	Mejora de la salud y bienestar.		<p>Breve descripción</p> <p>Este tipo de solución, que puede encuadrarse dentro de los denominados Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS), tiene ya una relativamente larga trayectoria en Estados Unidos y Europa. Se trata de áreas ligeramente deprimidas respecto de la rasante del espacio donde se enclavan (vario o espacio libre), con plantas nativas capaces de soportar el encharcamiento. Estos espacios se relacionan con el agua de lluvia en momentos de tormenta, agua que posteriormente va filtrando lentamente al subsuelo y/o es derivada a un sistema de evacuación de aguas para evitar desbordamientos. Existen numerosos tipos de soluciones, desde la más sencilla (que pueden ser realizadas por particulares) hasta otras más complejas que conllevan requisitos técnicos que implican la intervención de especialistas.</p> <p>Requisitos básicos</p> <p>Se trata de un tipo de solución aplicable tanto al espacio público como a espacios libres privados, pero siempre han de localizarse en puntos donde puedan capturar fácilmente el agua de escorrentía procedente de superficies impermeables (cubiertas, calzadas, etc.). Para optimizar sus funciones, debe incluir un suelo poroso y drenante (mezcla de gravilla, arena, tierra vegetal y compost), vegetación nativa y algunas plantas hiperacumuladoras, capaces de realizar funciones de fitodepuración. Los más complejos incorporan una tubería perforada que se conecta al jardín a una cuenca de salida o sistema de evacuación de aguas pluviales. El diseño de los bordes debe permitir que el agua del entorno ingrese en el jardín.</p>		
Sociales	Ambientales																												
Mejora del confort térmico y reducción de la contaminación acústica y mental y calidad de vida.	Mejora y adaptación al cambio climático.																												
Mejora de la salud y bienestar.	Biodiversidad.																												
Mejora de la calidad del agua y del medio ambiente.	Mejora de la calidad del agua y del medio ambiente.																												
Mejora de la salud y bienestar.	Estabilidad del suelo y lucha contra la erosión.																												
Mejora de la salud y bienestar.	Reducción de calor.																												
Económicos	Culturales																												
Ahorro energético de los edificios.	Mejora de la calidad paisajística del entorno.																												
Incremento del valor de los edificios.	Mejora de la conectividad del espacio urbano.																												
Mejora de la salud y bienestar.	Integración de espacios de recreación en la ciudad.																												
Mejora de la salud y bienestar.	Identificación con el lugar y sentido de pertenencia.																												
Mejora de la salud y bienestar.																													
			<p>Buenas prácticas. Casos</p>  <p>Jardín de lluvia en el barrio de Saint Kjelds, Copenhague. Fuente: la autora.</p> <p>Jardines de lluvia en Londres (Bridget Brayce y Wood Green). Fuente: https://www.dbbigdata.co.uk/2015/01/jardin-de-lluvia-urbano-drenaje-sostenible-valor-social-en-el-ambiente-tal.html</p>																										
			<p>Referencias</p> <ul style="list-style-type: none"> - AAVV, SUDS in London. A guide, Transport of London, 2016. http://content.tfl.gov.uk/sustainable-urban-drainage-november-2016.pdf - AAVV, Urban Green Up. D.I.1: NBS Catalogue 2019. http://www.urbsingreenup.eu/en/gtts/ - de Roo, Michelle, The Green City Guidelines. Techniques for a healthy livable city. The Green City Publications, 2011. http://gch.org/wp-content/uploads/2015/04/Green-NBS-Catalogue-2019-Guidelines.pdf - http://bbus.acasofware.com/es/01/seno-de-un-jardin-de-lluvia/ - http://w.tension.wvu.edu/ran/garden/feat-urbc-main-ur-dena/ 																										

Figura 2. Ejemplo de ficha de SbN para su aplicación en áreas industriales. (Elaboración propia)

RESULTADOS: ESTADO DE LA CUESTIÓN

SbN, una visión general

La filosofía de las SbN no es novedosa: los primeros acercamientos en la literatura científica se remontan a principios de la década de los dos mil, ligadas, como recogen Potschin et al. (2015), a aspectos diversos como la introducción de conceptos de la ecología en el ámbito de la agricultura (Blesh and Barrett, 2006) o a la gestión de recursos y la producción de energía hidroeléctrica (Guo, Xiao y Li, 2000).

Tales planteamientos se han desplegado además en el marco de un cuerpo teórico mayor, de temáticas ampliamente relacionadas entre sí que resaltan la importancia capital del trabajo con la naturaleza desde la óptica del desarrollo ambiental y socioeconómico. Pueden citarse entre otros los “mecanismos ecológicos” referidos a los beneficios para los humanos derivados de los ecosistemas (Lavorel et al., 2015) o los llamados “servicios ecosistémicos”: aquellos que nacen de los ecosistemas naturales y que resultan fundamentales para el desarrollo humano (aire puro, agua, alimentos, formación de suelo...). En esta dirección profundiza Grant (2012) aludiendo a la necesidad de trabajar con la naturaleza en las ciudades, por cuanto sus habitantes dependen de los bienes y servicios que ofrece, aunque el crecimiento acelerado de las últimas décadas haya llevado, en no pocos casos, a olvidar o ignorar la relación.

De forma específica, las múltiples aproximaciones al concepto de “Soluciones basadas en la Naturaleza” comparten en lo fundamental la premisa de trabajar apoyándose e inspirándose en la naturaleza para alcanzar beneficios para el ecosistema y para la salud y el bienestar de las personas de forma simultánea. Ofrecen oportunidades de valor desde líneas tan diversas como la prevención y la resiliencia frente al desastre, en paralelo a la citada mejora de aspectos ambientales y de salud y bienestar, al tiempo que favorecen la orientación hacia una “economía verde” (Kabisch, Korn, Stadler y Bonn, 2017). Por todo ello, adoptar una perspectiva sistémica basada en el trabajo multidisciplinar resulta esencial.

El alentador panorama al que apunta este escenario ha alcanzado de lleno a las estrategias y programas de acción de la Comisión Europea (Maes y Jacobs, 2015). En el marco del *EC Expert*

Group on Nature-based Solutions, define cuatro principales líneas de acción (EC, 2015, 4): restauración de ecosistemas, mitigación y adaptación frente al cambio climático, mejora en materia de gestión de riesgo y resiliencia y fomento de la urbanización sostenible.

Más allá de las particularidades que las acompañan, unas y otras aproximaciones ponen de manifiesto que las citadas SbN se perfilan como herramienta fundamental y práctica para recuperar y/o potenciar una relación en la que “el verde” no sea un mero artefacto escultórico conformador de fondos de escena, sino una base para mantener la diversidad biológica y favorecer la evolución de los ecosistemas.

En este marco, y dada la trayectoria del estudio del concepto, son muchos los ejercicios que también desde la perspectiva práctica han profundizado en la cuestión. El Compendium of Contributions Nature-based Solutions del NBSNBSF Team (2019), que recoge una amplia gama de iniciativas de distintos puntos del globo originariamente presentadas a la convocatoria de la 2019 Climate Action Summit [Cumbre de Acción Climática 2019] de Naciones Unidas, lo evidencia. Son contempladas acciones en temáticas tan diversas como la protección y restauración de bosques y diversidad, la reducción de desechos para la acción contra el cambio climático o la soberanía alimentaria.

En la línea más vinculada al desarrollo urbano, que es la que atañe al proyecto INDNATUR, destacan algunas como el proyecto Great Green Wall for Cities (GGWC) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, planteado con el objetivo de plantar 500.000 hectáreas de nuevos bosques urbanos y 300.000 hectáreas de bosques naturales en cerca de 90 ciudades desde África hasta Asia Central, o el proyecto Building With Nature de la Universidad de Wageningen, que explora el potencial de la naturaleza para la mejora de la calidad de vida: infraestructura verde para áreas urbanas, gestión de ríos, restauración de arroyos y humedales, etc.

Más allá de estos ejemplos, el citado informe de la Comisión Europea sobre SbN y renaturalización urbana (EC, 2015) detalla también ejemplos de implementación práctica como la restauración del río Cheonggyecheon en Seúl, incorporando vegetación y eliminando el tramo de tres carriles de autopista elevada que en la etapa precedente anulaba prácticamente el río, generando una de las zonas más congestionadas y contaminadas de la ciudad. Las SbN se erigen también como vía de acción para favorecer la descontaminación y revitalización de suelos basados en biorremediación fúngica de suelo (con producción de biomasa fúngica a escala industrial a través del reciclaje de residuos orgánicos que se aplican a posteriori al suelo contaminado), y para iniciativas de corte más social orientadas a movilizar a actores interesados como la que representa la Green City Foundation, defendiendo la citada premisa de la vegetación como soporte de para la mejora de la calidad de vida, salud y bienestar, entre otros muchos aspectos.

SbN en áreas industriales

Habida cuenta de la importancia y beneficios de la (re)introducción de la naturaleza en los entornos construidos, la implementación de SbN no debe relegarse a parques o espacios de ocio, sino hacerse extensiva a la totalidad de escenarios que configuran el sistema urbano. En este sentido, es de capital importancia analizar y reivindicar su papel en uno de los ámbitos que tradicionalmente más se han desvinculado de la naturaleza: los espacios industriales.

En el contexto español, los llamados polígonos industriales, que comenzaron a proliferar desde mediados del siglo XX, se erigían comúnmente bajo planteamientos de desarrollo que priorizaban factores como la reducción de costes y la facilitación de maniobras, transporte, producción..., en definitiva, cuestiones de función y forma en que los aspectos vinculados a las necesidades y bienestar de los propios usuarios, o al respeto por el medio ambiente en que se insertaban, terminaban en un segundo plano. La relación con la naturaleza no era por tanto una cuestión principal, quedando los espacios verdes relegados a áreas residuales o desapareciendo por completo.

La problemática derivada de esas carencias se agrava con las derivadas de las propias emisiones y contaminación procedente de la actividad de parte de las instalaciones de las áreas industriales, a la par que con el progresivo deterioro y/o abandono de estas últimas. Como resultado, estos espacios industriales en muchos casos languidecen en medio de un tejido urbano que los absorbe, pero con el que no se relacionan lo suficiente.

En el caso portugués, el cambio en los procesos productivos posibilitados entre otros aspectos por el desarrollo tecnológico apunta también hacia una progresiva reconversión de las áreas industriales, donde la actividad ligera y los servicios comienzan a reemplazar a la industria pesada y en que emergen nuevas propuestas como llamados eco-parques (Fonseca, Ramos y da Silva, 2016, 52).

En este sentido, la vinculación de las SbN con los polígonos industriales se plantea como realidad ineludible, tanto por el potencial de mejora en aquellos polígonos más obsoletos que pueden pasar a terciarizarse y a ofrecer un nuevo escenario de oportunidad, como para aquellos polígonos más modernos pero cuya actividad es fuente generadora de emisiones: la reintroducción de la naturaleza contribuye a aspectos como la compensación de emisiones a la par que a la mejora de la calidad de vida de los usuarios.

Estos y otros aspectos han ganado en los últimos años una cierta aunque insuficiente atención, especialmente desde la vertiente teórica. Una línea la representan las propuestas orientadas a la mejora ambiental: Genske (2003), profundiza en la capacidad de las SbN para frenar los procesos de degradación de suelo en áreas industriales en desuso. Song, et al. (2019), profundizan también en la cuestión con especial atención a los espacios contaminados. Gopalakrishnan, Ziv y Bakshi (2019) ponen de manifiesto el rol fundamental de la vegetación (en especial del arbolado) y, en su caso, de la restauración ecológica, para la reducción de emisiones en áreas industriales. Considerando que en varios de los exponentes estudiados en el contexto norteamericano la cobertura vegetal alcanza a compensar la mayoría de las emisiones, se hace necesario seguir explorando sinergias entre sistemas industriales y ecológicos en el camino hacia una ingeniería sostenible, no basada sólo en el control sino en la reducción (y añadimos mitigación) de emisiones.

En el contexto español se han avanzado también algunas pocas propuestas que de forma directa o indirecta contemplan entre sus planteamientos la introducción de la naturaleza en los polígonos industriales. Son diversas las guías de recomendaciones y propuestas para trabajar en esta dirección: con atención a la integración paisajística -no solo por el aspecto visual, sino en relación al sistema ecológico del que es imagen (SICAN, 2010)-, o a aspectos ambientales desde una perspectiva más centrada en la reducción del impacto que la propia industria tiene sobre su entorno (Asociación para el Desarrollo Rural de Andalucía, 2017; Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana, 2004; Fundación Centro de Recursos Ambientales de

Navarra, 2005). Unas y otras contemplan medidas de renaturalización como la introducción de arbolado para la mitigación de emisiones, aunque en varios de los casos con aproximaciones que no gozan de la necesaria profundización técnica.

Un punto adicional sobre tales planteamientos lo ofrecen los portugueses Fernandes y Guiomar (2018), remarcando también la importancia de devolver la naturaleza a escenarios urbanos e industriales y planteando soluciones como la reintroducción o recuperación de estructuras hidrológicas como medida, pero evidenciando además la necesidad de apostar por vías que no sólo se centren en la mejora de la calidad del espacio desde la óptica ambiental, sino desde el punto de vista de los usuarios. Es una perspectiva que, como parte de un análisis más amplio, respalda ADB (2016).

Como aproximación complementaria a la cuestión del trabajo con la naturaleza en las áreas industriales, aunque no exenta de limitaciones, cabe citar la representada por los mencionados Parques Eco-Industriales, basados en la premisa de que los sistemas industriales pueden trabajar de forma similar a los ecológicos (Gibs y Deutz, 2007).

Unas y otras líneas apuntadas desde la vertiente teórica se materializan también en estudios y planteamientos para casos más concretos como la propuesta para European del equipo de Eduard Balcells para Torrent Estadella: un polígono industrial consolidado y que con el paso de los años ha ido siendo absorbido por la ciudad y experimentando procesos de degradación (European, 2015). La propuesta de base no contempla la infraestructura verde como mero argumento de marketing o elemento pasivo de mejora de la escena urbana, sino como protagonista de la reconexión del conjunto industrial con el entorno urbano en que se inscribe, de la mejora en la gestión del ciclo de agua (con soluciones como como jardines de filtración) y, en definitiva, de la articulación de toda la propuesta de renovación del área.

Ejemplos de implementación práctica en áreas industriales

En lo que concierne a la puesta en práctica sobre el terreno de tales concepciones, pueden encontrarse algunos exponentes, como el del Ayuntamiento de Illescas, en España, con el proyecto Plataforma Centralberum, presentado como eco-polígono en el marco de la convocatoria europea LIFE+, que contempla también aspectos como el control del ciclo de agua, la agrojardinería autóctona o la creación de huertos urbanos. No se trata, no obstante, de un planteamiento de mejora e intervención sobre lo existente, sino orientado a un desarrollo de nueva planta.

Bajo la propuesta de reconciliar ecología industrial (que implica aplicar el concepto de ecosistema a la planificación de áreas industriales) y ecología del paisaje, se desarrollan ejercicios como el planteamiento experimental para el parque industrial Jurong Island en Singapur (Yang y Ong, 2004), contemplando a un tiempo los objetivos de reducir la contaminación y de lograr un uso más eficiente de recursos.

Aunque tales planteamientos introducen elementos novedosos, sus raíces se hunden en trabajos de más dilatada trayectoria. Hace más de una década ya se contaban 24 de los llamados parques industriales sostenibles en Europa, con especial proliferación de ejemplos en Países Bajos y Reino Unido (Fernández, Juan y Ruiz, 2005). Tal como evidenciaba el trabajo de los citados autores, entre tales exponentes no sólo se contemplan áreas de nuevo desarrollo

acogiendo actividades como las tecnologías ambientales y el desarrollo de renovables. Espacios dedicados a actividades industriales más tradicionales como la química o la fabricación de materiales de construcción, han sido y son objeto de aplicación de principios propios de la ecología industrial. A este respecto destacan ejemplos como el parque eco-industrial de la ciudad de Kalundborg.

La concienciación sobre la importancia de estas cuestiones ha alcanzado incluso a las entidades de financiación. Desde una perspectiva estrechamente ligada a la naturaleza y no tanto de forma conceptual como material, el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial, en España, contempla entre las acciones subvencionables de su línea de ayudas de mejora, modernización y dotación de infraestructuras y servicios en polígonos, áreas industriales y enclaves tecnológicos, la regeneración paisajística y ambiental o la mejora de zonas verdes e implantación de las mismas y sobre el viario de zonas/recorridos biosaludables.

Esta línea se ha aplicado en diversos casos, como los polígonos Masía d'Espí y Nou d'Octubre de Quart de Poblet, que contemplan medidas de aumento y adecuación de zonas verdes acogidas a estas ayudas. Paralelamente, el Ayuntamiento contempla en el Plan Municipal de Mejoras en Infraestructuras de Polígonos Industriales, Áreas Industriales i Enclaves Tecnológicos del Ayuntamiento de Quart de Poblet, la implementación de SbN como clave para la mejora de una de sus zonas industriales, planteando la aplicación de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) entre las vías para dar respuesta a la problemática existente en el ámbito en lo concerniente al tratamiento y eliminación de las aguas pluviales.

En una dirección similar se ha trabajado en otros escenarios nacionales como el polígono industrial El Saladar I, en el municipio murciano de Lorquí y el polígono Fuente del Jarro, en Paterna. En este último caso, se ha podido además constatar desde la vertiente académica la eficacia de los SUDS desde el punto de vista de la laminación de avenidas (Altarejos, 2007).

Los citados SUDS han sido probados también en distintos espacios vinculados a uso industrial en Gales (Reino Unido), aunque con carácter más puntual: Baglan Energy Park, Ebbw Vale Steelworks o Freightliner Yards, entre otros, han incorporado SUDS. Se trata de planteamientos más pensados desde la mejora de la calidad y gestión del agua propiamente dichos que desde la introducción de mejoras ambientales entendidas en sentido amplio. Evidencian, no obstante, el potencial de tales medidas como complemento a otras acciones. D'Arcy, Kim y Maniquiz-Redillas (2018), respaldan desde la perspectiva teórica el interés los SUDS en zonas industriales en que el riesgo de contaminación es medio o bajo.

Desde una perspectiva menos compleja en su planteamiento, pero igualmente vinculada a la reintroducción de la naturaleza y más amplia en cuanto al área de implantación, el Estado indio de Telangana plantea su programa Telangana Ku Haritha Haaram. En él contempla la plantación de vegetación en distintos escenarios naturales y urbanos, que atañen también a zonas industriales, y que ponen una vez más sobre la mesa la importancia de que este tipo de estrategias se adopten desde un enfoque transversal.

Adicionalmente, la aplicación de SbN se contempla en la intervención sobre áreas industriales en desuso y/o con suelos contaminados con fines de recuperación de espacios. Es el caso del proyecto ProGInreg, enmarcado en la convocatoria Europea Horizonte 2020, que se orienta a la regeneración urbana de antiguas áreas industriales a través de SbN, generando una

infraestructura verde productiva. Se testea en cuatro casos piloto: Dortmund (Alemania), Turín (Italia), Zagreb (Croacia) and Ningbo (China).

Se observa, a la luz de lo expuesto, un creciente interés por la relación de la vegetación y los SUDS con áreas industriales, tanto desde la vertiente académica como en el ámbito profesional. En este segundo caso, se detectan desarrollos integrales para espacios consolidados pero aún en fase teórica, desarrollos prácticos pero para casos de nueva construcción, desarrollos basados en la aplicación de SbN para espacios consolidados pero de carácter puntual y aplicación de SbN a antiguos espacios industriales pero ya sin uso.

El trabajo con SbN en áreas industriales, y especialmente en casos de espacios obsoletos pero activos, tiene por tanto un elevado potencial tanto desde el punto de vista de la mejora ambiental como del de la salud y el bienestar de los usuarios de tales áreas que urge explorar en la práctica. Es sobre esta cuestión sobre la que el proyecto INDNATUR incide.

RESULTADOS: UNA BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS SBN PLANTEADAS EN EL MARCO DE INDNATUR

Arbolado en alineación

En las ciudades europeas, la plantación de arbolado a lo largo de calles y caminos comienza a tomar relevancia en el periodo de la Ilustración, y su práctica se extiende hasta mediados del siglo XX. Pero, a partir de entonces, empiezan a llevarse a cabo diversas actuaciones urbanísticas incompatibles con la presencia de árboles, especialmente la necesidad de hacer sitio a los coches (circulando o aparcados), lo que lleva a la tala generalizada de numerosos ejemplares. En la actualidad, los árboles vuelven a considerarse elementos de vital importancia para la habitabilidad de las ciudades, pues contribuyen a hacer de éstas espacios más saludables, confortables, amables, hermosos y resilientes. Como sostiene el botánico y biólogo Francis Hallé (2020), los árboles son depuradoras de aire, herramientas de futuro con un pasado arraigado.

Para maximizar los beneficios del arbolado hay que garantizar:

- Un volumen adecuado de suelo no compactado y permeable para acomodar el crecimiento radicular del árbol, el factor más crítico en la implantación del arbolado viario.
- Adecuada selección de especies, adaptadas al clima, capaces de aguantar las condiciones urbanas y con un tamaño compatible con el espacio disponible.
- El marco de plantación del arbolado deberá ser el necesario para proporcionar una adecuada cobertura foliar del espacio.

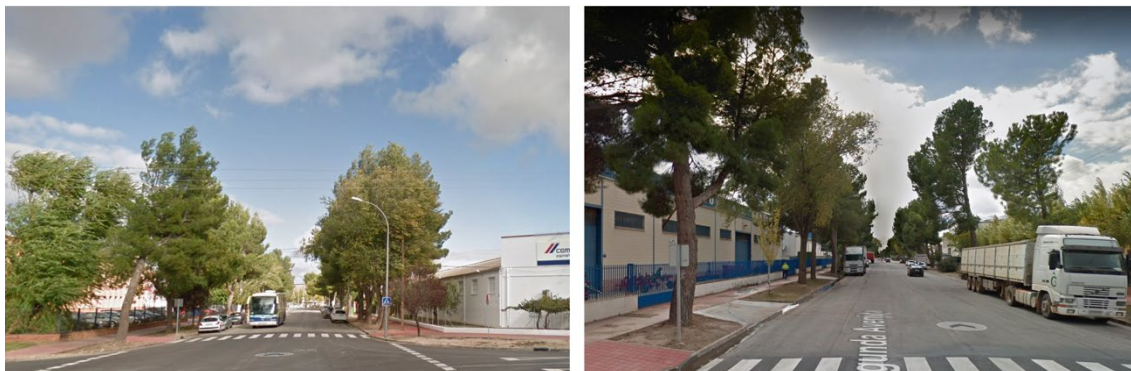


Figura 3. Arbolado en el parque empresarial de Campollano, Albacete. (Google Maps)

Cuneta verde

Aunque en la actualidad se considere un elemento de diseño urbano innovador, se trata de un sistema utilizado tradicionalmente para la eliminación de las aguas de escorrentía del viario. Hoy en día, tras años de abandono de este tipo de solución en favor de otras que impermeabilizaban y sellaban las calles, se reclaman los SUDS, para conseguir la infiltración de agua de lluvia en el subsuelo, con los beneficios que ello aporta.

Este SUDS consiste en una depresión que discurre a lo largo de la calle, generalmente cubierta de vegetación y áridos de diverso grosor, larga, poco profunda y con una pequeña pendiente longitudinal.

Existen diversos tipos de soluciones (conocidas como: humedal lineal, zanja de biorretención, dren filtrante, franja filtrante, etc.) cuyo funcionamiento es similar, pero que son más o menos recomendables en función del espacio disponible, de la pluviometría de la zona o de las posibilidades de retención o conducción del agua hacia algún tipo de depósito.

Es preciso que el agua de escorrentía que fluya a través de la cuneta, lo haga de forma lenta por la interacción con las plantas o pequeñas retenciones para permitir que las partículas arrastradas y los contaminantes precipiten y sedimenten. Por otro lado, el agua puede infiltrarse directamente en el subsuelo o bien ser captada a través de lechos de grava y/o tubos porosos y conducida a estanques de retención o cursos hídricos. Las plantas han de ser tolerantes al agua, capaces de soportar las condiciones climatológicas del lugar y adecuadas a las condiciones de luz solar disponibles.



Figura 4. A la izquierda: Franja filtrante en Portland, Oregón, Estados Unidos. (<https://nacto.org/publication/urban-street-stormwater-guide/stormwater-elements/>). A la derecha: Cuneta verde en el barrio de Saint Kjeld, Copenhague, Dinamarca. (R. del Caz).

Banda filtrante de aparcamiento

El proceso de “sellado” de la ciudad ha sido constante desde hace décadas. Michael Hough (1995, 46) alude a la expresión “mantener los zapatos secos” para referirse a la generalización de la práctica urbanizadora de impermeabilizar sistemáticamente la mayor parte de las superficies urbanas. Los andenes terrizos, característicos de las ciudades españolas, fueron sustituyéndose a partir de los años 60 por bandas de aparcamiento impermeables.

Hoy en día, esas bandas de aparcamiento a lo largo de las calles constituyen espacios idóneos para situar pavimentos filtrantes pues, con frecuencia, las bandas de aparcamiento constituyen el único espacio disponible en vías muy transitadas o que disponen de poco espacio en la acera.

Es una SbN sencilla, económica y con escasos requisitos técnicos de implantación. Aplicada de manera generalizada en las calles de las ciudades, es efectiva a la hora de hacer frente a las inundaciones por aguaceros importantes.

Existen diferentes tipos de pavimentos filtrantes, continuos o modulares: suelos terrizos, hormigones porosos, adoquines, pavicésped, etc. Este último es uno de los más recomendables que admite, incluso, el tráfico pesado. La estructura básica de un pavimento de este tipo es similar a la de un pavimento estándar. No obstante, la sub-base ha de contener un relleno granular más grueso y geotextiles, para prevenir la sedimentación. Precisa de un cierto mantenimiento, con periodicidad dependiente de la construcción y de las condiciones locales.



Figura 5. Bandas filtrantes de aparcamiento. A la izquierda en el centro de visitantes del parque de Salburua, Vitoria-Gasteiz; a la derecha en el aparcamiento del restaurante Dona Florinda, Bragança, Portugal. (R. del Caz).

Alcorque jardín

La mala praxis en el diseño, implantación y gestión de los alcorques dificulta o impide el correcto desarrollo del arbolado y minimiza los beneficios que éste ofrece. Los árboles, plantados en estos pequeños espacios, se ven sometidos a condicionantes como la compactación del suelo (que genera poca aireación y escasez de agua), la multiplicidad de instalaciones subterráneas (que afectan su sistema radicular), la falta notoria de fauna beneficiosa asociada al crecimiento de cualquier ser vivo (microorganismos, insectos, ácaros, aves...), etc., que dificultan su supervivencia.

Sin embargo, los alcorques pueden proporcionar pequeños espacios donde la plantación de vegetación tiene efectos diversos y más notorios de lo que puede suponerse. Entre ellos, la promoción del incremento de la biodiversidad, la mejora paisajística del viario y la identificación con el lugar y la cohesión social, como demuestran propuestas de participación ciudadana como la de Somos Chamberí o “Tu barrio se planta”, que anima a vecinos y comerciantes a apadrinar un alcorque jardín.

Para incrementar la biodiversidad y que ésta actúe como forma de control biológico de plagas del arbolado, es preciso tener en cuenta el tipo de plantas: las herbáceas de flor constituyen una buena opción. Es fundamental informar a la población mediante carteles y mediante charlas de concienciación ciudadana, de la importancia de estos microjardines para el incremento de la diversidad biológica. Es importante fomentar, también, la implicación de los ciudadanos en su cuidado. No se precisa una limpieza excesiva ni un gran control de la vegetación para lograr una buena salud ambiental.

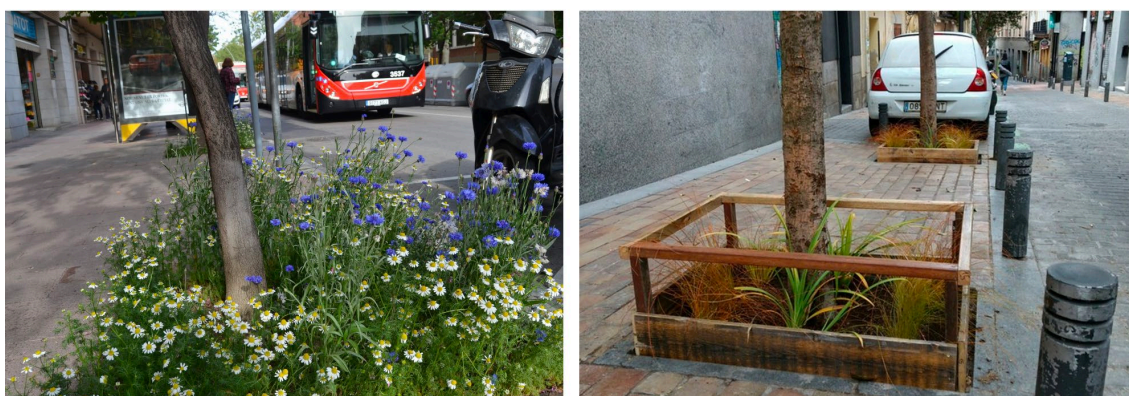


Figura 6. Izquierda: Proyecto piloto “alcorques vivos”, Barcelona.

(<http://www.bichosyplantas.com/proyectos/alcorques-vivos/#images-4>). Derecha: Malasaña, Madrid. (<https://decide.madrid.es/presupuestos/presupuestos-participativos-2018/proyecto/11311>)

Jardín de lluvia

Este tipo de solución, que puede encuadrarse dentro de los denominados SUDS, tiene ya una relativamente larga trayectoria en Estados Unidos y Europa. Se trata de áreas ligeramente deprimidas respecto de la rasante del espacio donde se enclavan (viario o espacio libre), con plantas nativas capaces de soportar el encharcamiento. Estos espacios se rellenan con el agua de lluvia en momentos de tormenta, agua que posteriormente va filtrando lentamente al subsuelo y/o es derivada a un sistema evacuación de aguas para evitar desbordamientos. Existen numerosos tipos de soluciones, desde la más sencillas (que pueden ser realizadas por particulares) hasta otras más complejas que conllevan requisitos técnicos que implican la intervención de especialistas.

Es un tipo de solución aplicable tanto al espacio público como a espacios libres privados, pero siempre han de localizarse en puntos donde puedan capturar fácilmente el agua de escorrentía procedente de superficies impermeables (cubiertas, calzadas, etc.). Para optimizar sus funciones, debe incluir un suelo poroso y drenante (mezcla de gravilla, arena, tierra vegetal y compost), vegetación nativa y algunas plantas hiperacumuladoras, capaces de realizar funciones de fitodepuración. Los más complejos incorporan una tubería perforada que se conecta el jardín a una cuenca de salida o sistema de evacuación de aguas pluviales. El diseño de los bordes debe permitir que el agua del entorno ingrese en el jardín.



Figura 7. Jardines de lluvia. Izquierda: Copenhague. (R. del Caz). Derecha: Wood Green, en Londres. (<https://www.elblogdelatabla.com/2020/01/jardin-lluvia-urbano-drenaje-sostenible-valor-social-medioambiental.html>).

Estanque de retención

Los estanques de retención son pequeñas lagunas artificiales con láminas permanentes de agua, de poca profundidad y con vegetación acuática, tanto emergente como sumergida. Se diseñan para garantizar largos periodos de retención de la escorrentía (2-3 semanas) y permiten la

depuración natural de las aguas. Han de tener una masa de agua permanente, por lo que pueden necesitar aportes ocasionales en estaciones secas (Trapote y Fernández, 2016).

Además de su función ecológica, este tipo de espacios tiene un gran potencial paisajístico y lúdico, pues el agua juega un papel fundamental en la psicología humana. De hecho, el diseño urbano casi siempre ha valorado sus posibilidades como elemento relacionado con el ocio y el tiempo libre.

Entre los requisitos básicos hay que considerar:

La ubicación: en la cota más baja del ámbito elegido, para que el agua llegue por escorrentía.

El dimensionamiento, que se hará en función de la pluviometría de la zona y de las superficies cuya escorrentía se canalice.

Es conveniente disponer elementos que contribuyan a la depuración natural para evitar condiciones anaerobias que puedan generar malos olores o presencia mosquitos. Para ello conviene elegir bien el tipo de vegetación y situar algún dispositivo de aireación del agua.

Deben preverse, así mismo, sistemas de llenado del estanque, como canalizaciones a cielo abierto o subterráneas, tubos porosos, lechos de grava, etc.



Figura 8. Estanques de retención. A la izquierda: Ecobarrio Kronsberg, Hanover. (R. del Caz). A la derecha: Estanque naturalizado en BIOLORTU, Elburgo (Álava). (<https://www.seo.org/wp-content/uploads/2019/11/cienmedidas.pdf>).

Cauces renaturalizados

Durante varias décadas del siglo XX se produjo un “extrañamiento” del agua en las ciudades. Se desviaron, canalizaron o soterraron ríos y arroyos, se desecaron charcas y humedales en espacios urbanos y se sellaron y taponaron cursos ocasionales de agua que permitían evacuar las escorrentías en periodos de fuertes aguaceros. Con ello, se perdieron los valores ambientales y ecológicos que proporcionaban, se ocasionaron efectos indeseados y (al parecer) imprevistos, como las inundaciones, y se sustrajeron otros valores no menos importantes, como los culturales, paisajísticos o lúdicos.

Sin embargo, poco a poco, la práctica actual se va centrando en la recuperación y renaturalización de antiguos cauces artificializados. Y ello con buenos resultados en los ámbitos arriba aludidos.

Para que los cursos de agua cumplan sus funciones ecológicas es necesario recuperar la vegetación riparia, característica de estos ámbitos. También es imprescindible la coordinación interinstitucional con organismos de gestión de las cuencas hidrográficas responsables.

Aunque la restauración ambiental de estos espacios precisa de técnicos especializados e implica una inversión inicial a considerar, el retorno en forma de beneficios se produce a corto plazo y es creciente en el medio y largo plazo. Es importante un mantenimiento adecuado para el control de plagas, especialmente de mosquitos. Además, es deseable que la renaturalización de estos espacios incorpore soluciones de diseño que permitan el acercamiento al agua de la ciudadanía, aunque bajo unas adecuadas condiciones de seguridad.



Figura 9. Izquierda: Arroyo renaturalizado en el centro de Vitoria-Gasteiz. (R. del Caz). Derecha: Renaturalización del río Manzanares en Madrid.

(https://elpais.com/elpais/2018/09/14/album/1536939042_765087.html#foto_gal_1)

Aparcamiento naturalizado

Las áreas de aparcamiento ocupan grandes superficies en las ciudades, especialmente en áreas comerciales e industriales. Por lo general, estas superficies presentan soluciones de acabado superficial totalmente impermeables y carecen de arbolado y/o cualquier otro tipo de vegetación. Son, por tanto, espacios urbanos duros, incómodos, que contribuyen a incrementar la isla de calor y los problemas de eliminación de las aguas de lluvia.

Sin embargo, su transformación en espacios más naturalizados es relativamente sencilla y su contribución a la mejora del entorno (tanto ambiental como paisajística) puede ser significativa.

Existen diversos tipos de soluciones para naturalizar estos espacios: plantación de arbolado en alineación (que, además, protege a los coches de las inclemencias del tiempo), disposición de suelo filtrante en las bandas de estacionamiento, pavimentos porosos, y/o incorporación de drenes filtrantes que recojan y filtren las aguas de escorrentía. Todas estas soluciones pueden combinarse entre ellas.

En cualquiera de los casos, las tecnologías de implementación son sencillas y no excesivamente caras, pero tienen una gran proyección urbana. A ellas se ha aludido en otras de las fichas de este catálogo, concretamente, las de “Arbolado en alineación”, “Banda filtrante de aparcamiento” y “Cuneta verde”, que podrían aplicarse con las adaptaciones precisas para el tipo de espacio.

Los aparcamientos naturalizados pueden aplicarse tanto a espacios públicos, como privados, y su generalización tendría un importante impacto.



Figura 10. Aparcamientos naturalizados. A la izquierda: en TAE Technopole, Bretenière Côte d'Or, Borgoña, Francia. (<https://www.mayottoussaint.fr/portfolio/breteniere-tae-technopole-agro-environnemental/>). A la derecha: alrededor del estadio Fernando Buesa Arena, Vitoria-Gasteiz. Fuente. (R. del Caz).

Reverdecimiento de parcela

Los espacios libres de parcela asociados a cualquier tipo de edificación constituyen excelentes ámbitos de oportunidad para hacer de las ciudades entornos más naturalizados y amables. Sin embargo, con demasiada frecuencia, el tratamiento de los mismos es duro, apenas una superficie hormigonada. Basta ver imágenes de mediados del siglo XX para percibir que esto no siempre fue así, que los patios de los edificios, independientemente de su uso, presentaban suelos terrizos y, casi siempre, algunos árboles.

Las soluciones “blandas” de urbanización de las parcelas (con suelos terrizos o vegetales, con árboles y/o arbustos) aportan confort y amabilidad al espacio, ahorro energético a las edificaciones, bienestar y recreo a las personas, beneficios al medio ambiente, etc. Y, además, son baratas, sencillas y fáciles de mantener.

El reverdecimiento puede aplicarse tanto a parcelas en uso como, especialmente, a parcelas abandonadas, que están a la espera de ser nuevamente edificadas, pero en las que se puede plantar vegetación que no comprometa un futuro desarrollo. También puede aplicarse a los espacios libres de las parcelas en uso que, con frecuencia, se “sellan” con una capa continua de cemento, por cuestiones de mantenimiento.

Es oportuno mencionar aquí las experiencias de la ONG *Green Guerrillas*, creada por Liz Christy en Estados Unidos en los años 70 del s. XX y aún vigente. Los miembros de dicha ONG lanzaban “bombas verdes” (pequeñas bolas compuestas por tierra, arcilla y semillas) que germinaban en

los espacios vacantes. Se trata de una experiencia de reverdecimiento urbano con una fuerte componente participativa y de cohesión social.

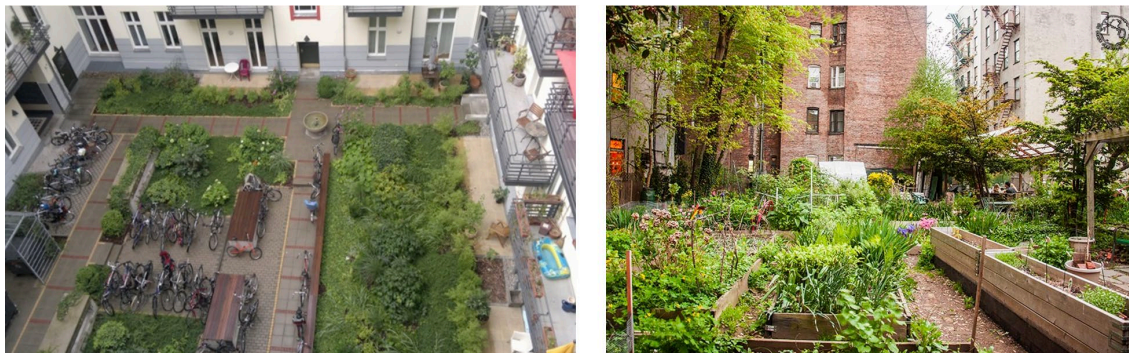


Figura 11. Izquierda: Patio de manzana reverdecido en el barrio Prenzlauerberg (Berlín). Forma parte del Programa de reverdecimiento de patios. (M. Ángeles Orduña). Derecha: Jardín comunitario en East Village, Nueva York (EEUU). (<https://unviajcreativo.com/cosas-diferentes-de-nueva-york/>).

Jardín portátil

En áreas urbanas densas, con escasez de espacio libre público y de vegetación o bien en parcelas sin uso (a la espera de ser edificadas) podría disponerse vegetación en soportes móviles, de tal manera que, eventualmente, pudiera trasladarse y ocupar diferentes espacios. Dentro de esta categoría podrían encuadrarse los llamados *parklets* o jardines de bolsillo que, además de vegetación, incorporan espacio para sentarse, instalaciones artísticas o aparcamiento para bicicletas.

Otro tipo de jardines portátiles pueden enfocarse a la construcción de un pequeño módulo polinizador; es decir, una suerte de jardinera que recrea un microhábitat que fomenta la biodiversidad, al proporcionar hábitat y alimento a diversas especies. También pueden construirse jardines portátiles extremadamente sencillos, plantando la vegetación en cajas recicladas o, incluso, sacos con sustrato adecuado. En este caso, cuando sea necesaria, la reubicación es una operación fácil y económica.

En función del tipo del tipo de jardín portátil elegido los requisitos serán más o menos exigentes. En cualquier caso, el tipo de vegetación debe ser preferiblemente xerófila y variada (arbustos, flores, herbáceas) y con baja demanda de cuidados.

Del mismo modo, lo ideal es que se diseñen con materiales ecológicos (preferiblemente reciclados), con un diseño sencillo, que permita su posible réplica por parte de personal no especializado. Estas soluciones pueden tener una componente social importante y estimular el sentido de comunidad, de cara a sus posibles cuidados.



Figura 12. Izquierda: Jardines móviles en Pittsburgh. (Envision Downtown. <http://sean-luther.squarespace.com/project-blog/2017/8/10/mobile-parklet>). Derecha: Proyecto LANALAND, desarrollado por la empresa SBioRN, Valladolid. (M. Luisa Marcos Contreras).

Cubierta verde

Las áreas industriales presentan extensas superficies de cubierta con cubriciones generalmente metálicas, cuando no de fibrocemento. Dichos materiales, al margen de lo nocivo del fibrocemento, influyen negativamente en muchos aspectos medioambientales, económicos y paisajísticos. La instalación de cubiertas verdes de las naves comporta grandes beneficios a corto y medio plazo. Al margen de los beneficios para el medio ambiente y para la salud de las personas, las cubiertas verdes ofrecen un mayor confort térmico, tanto en invierno como en verano. Lo cual redundará en una reducción del consumo de energía necesario de calefacción y refrigeración, en un 25% y 75% respectivamente.

Las condiciones y características de las áreas industriales hacen que la solución idónea sea la de la cubierta extensiva, que se caracteriza por poseer una vegetación tapizante de plantas en su mayoría autóctonas, como sedums, suculentas, musgo y hierbas naturales. Las plantas deben ser resistentes tanto a las heladas como a la excesiva radiación solar. Además, han de soportar épocas de escasez de agua por pocas precipitaciones naturales o por riego por goteo (recomendado). La cubierta extensiva se caracteriza por precisar un mantenimiento muy reducido y puede instalarse tanto en superficies planas como inclinadas, si bien los costes de las soluciones técnicas para estas últimas son más elevados a medida que se incrementa la pendiente. La vegetación extensiva se ajusta estéticamente a su entorno natural y varía con las diferentes estaciones del año.



Figura 13. Cubierta verde en una nave de mecanizado industrial de Ampo (6.800 m² instalados), Idiazabal, Guipúzcoa.

(<https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/213156-Knauf-Insulation-instala-una-cubierta-verde-de-6800m2-en-Guipuzcoa.html>)

Paramento vertical verde

Tras la experiencia de éxito del jardín vertical CaixaForum Madrid (Patrick Blanc, 2007), primer jardín de este tipo construido en España, muchas han sido las experiencias que han imitado este tipo de instalación. Se trata de un tipo de SbN sofisticada, cara, compleja de mantener y cuyo mayor valor, sin desdeñar el medioambiental, es estético.

Existen, sin embargo, otro tipo de soluciones que permiten incrementar la presencia de vegetación en las ciudades utilizando como soportes los paramentos verticales. Estas últimas utilizan, sobre todo, plantas trepadoras que se adhieren a las paredes a través de sus raíces aéreas, o bien crecen a lo largo de hilos o rejillas anclados a los muros a modo de soporte.

Es necesario disponer un tipo de plantas trepadoras adaptadas a las condiciones climáticas locales, tanto especies ornamentales utilizadas en jardinería como especies autóctonas, y seleccionar aquellas que puedan aportar mayores beneficios a la biodiversidad urbana. La hiedra es una de esas especies interesantes, pues requiere escasos cuidados y su follaje es perennifolio.

Los paramentos verticales han de admitir, desde un punto de vista estructural, la instalación de elementos de soporte de la vegetación, aún cuando se trate de elementos sencillos.

Existe cierto riesgo de rechazo social de este tipo de soluciones, por lo que es importante dar a conocer los beneficios que aportan y las condiciones de evolución de las mismas una vez instalada.



Figura 14. Izquierda: Muro con vegetación trepadora, campus de la Universidad de Salerno, Italia (Campus Fisciano). (R. del Caz). Derecha: fachada de un edificio residencial en el barrio de Ostebro, Copenhague. (R. del Caz).

Cerramiento vegetal de parcela

Con frecuencia, las ordenanzas de edificación aplicables a áreas industriales obligan al retranqueo de las edificaciones respecto de la línea de la parcela. Esto supone que, por lo general, las parcelas presentan cerramientos que las circundan. Cerramientos que, en muchos casos, se resuelve con un murete de hormigón sobre el que se dispone una valla metálica. Se desaprovecha así la oportunidad de incorporar más vegetación, que podría contribuir a la mejora tanto del espacio privado como del público. Por otro lado, cuando se disponen setos, las especies elegidas (exóticas) no son las más adecuadas para cumplir las funciones medioambientales necesarias.

Este tipo de soluciones, que se ubican a la altura de los tubos de escape de los coches, suponen un interesante elemento para fijar algunos contaminantes que se generan a baja altura, así como para mitigar el ruido que éstos producen.

La elección de la vegetación debe tener en cuenta la tolerancia al estrés y la selección de especies no caducas para proporcionar una barrera durante todo el año. También es necesario tener en cuenta la porosidad (para permitir la penetración en lugar de la desviación del flujo de aire) para la captura efectiva de partículas.

Las soluciones para resolver los cerramientos con vegetación pueden ser diversas, desde las más sencillas (en las que bastaría hacer las plantaciones en el interior de las parcelas, aunque apoyadas en los cerramientos existentes), hasta otro tipo de soluciones ofertadas por algunas empresas especializadas consistentes en la creación de muros de biodiversidad, que combinan piedra, diversos tipos de vegetación, nidales para pájaros, etc.

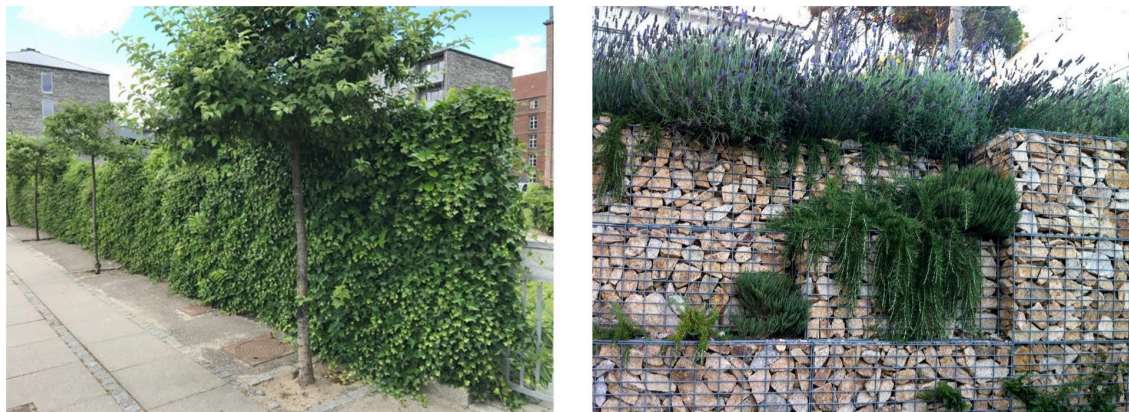


Figura 15. Cerramientos vegetales de parcela. Izquierda: Cerramiento vegetal de parcela en la calle Omogade, Copenhague. (R. del Caz). Derecha: Cerramiento realizado a base de gaviones y vegetación xerófila. (<https://www.gaviones.es/proyectos/mur-de-gabions-vegetal/>).

DISCUSIÓN

Como revelan numerosos estudios científicos en las últimas décadas, los espacios industriales localizados en las áreas urbanas o peri-urbanas de las ciudades son los ámbitos con mayor presión y riesgo de contaminación: peor calidad del aire derivada de la emisión de partículas y gases de efecto invernadero (Francová et al. 2017) que suele producir la actividad industrial, favorecimiento del efecto isla de calor, debido a una mayor temperatura que genera la ausencia de vegetación y de un gran porcentaje de ocupación de suelo por pavimentos impermeables y grandes superficies de cubierta metálica o similar, contribuyendo al efecto invernadero.

Además, tanto la ubicación de los polígonos industriales más antiguos, embebidos en la trama urbana, como su propia estructura urbana y las características del viario y del parcelario, así como las grandes superficies que suelen ocupar suponen una ruptura de la continuidad de los sistemas de espacios verdes de las ciudades. A las dificultades para acoger vegetación y a la compactación del suelo (Guan et al. 2018) que se produce en estos lugares se suma, pues, la falta de conectividad con el resto de zonas verdes urbanas, lo que condena el necesario incremento de la biodiversidad a nivel local.

Tras el estudio del estado de la cuestión, en el que se analiza la inclusión de SbN en ámbitos industriales, cabe concluir que hay mucho por hacer en este campo y que la experiencia piloto de renaturalización de zonas industriales tiene un gran potencial de mejora ambiental, como se ha expuesto, pero también social y económica. Social, por la mejora de las condiciones de confort de los espacios, porque una mejor calidad del aire tiene una relación directa con la salud física y mental, pero también por la puesta en valor del espacio público como espacio social, etc. Y mejora económica, por el incremento del valor de las propiedades asociado a una mayor calidad paisajística, además de por el ahorro energético de las edificaciones derivado de la disminución del efecto isla de calor.

Los catálogos de tipos de SbN se han manifestado muy útiles en la toma de decisiones, también en la difusión y divulgación de este tipo de actuaciones para su conocimiento por parte de técnicos y trabajadores de las Administraciones Públicas y del sector privado. Son asimismo de

utilidad para la gobernanza y en los procesos de participación ciudadana. Existen diversos tipos de catálogos de gran calidad, muchos de ellos revisados para la elaboración del catálogo de fichas de SbN del proyecto INDNATUR. Lo específico de éste es que se ha realizado teniendo en cuenta las particularidades de las áreas industriales: tanto sus dificultades como sus potencialidades, detectadas a partir de los análisis previos realizados.

CONCLUSIONES

Aunque existe ya cuantiosa bibliografía referente a catálogos de SbN, son escasos los proyectos piloto que se han centrado en soluciones específicas para polígonos industriales, siendo sin embargo estas áreas las que mayor riesgo de concentración de contaminantes presentan y, en consecuencia, de una peor calidad del aire. Por eso, es precisamente en ellas donde se hace más necesaria la renaturalización.

La aplicación de varias de las SbN, recogidas en el catálogo elaborado en el marco del proyecto INDNATUR, pretende ser una acción piloto innovadora que permitirá probar los beneficios de la inclusión de SbN en estos ámbitos para el medio ambiente, en lo que respecta a la calidad del aire, la compactación del suelo, la gestión sostenible del ciclo del agua, la biodiversidad y el bienestar humano, posicionándose como un referente para que esta acción piloto y este catálogo de soluciones pueda ser una guía de ayuda para otras ciudades o municipios y permita la replicación en otras áreas industriales.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ADB (2016). *Nature-Based Solutions for building resilience in towns and cities. Case Studies from the Greater Mekong Subregion.*
<https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/nature-based-solutions.pdf>
- [2] Alonso, P., Escuer, L., Francolí, A. y Martí, I. (26-29 de noviembre de 2018). *Proyecto piloto del control biológico por conservación en alcorques de la ciudad de Barcelona.* CONAMA 2018.
<http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2018/CT%202018/22224240.pdf>
- [3] Altarejos, L. (26-28 de noviembre de 2007). *Aplicación de sistemas de drenaje urbano sostenible en el desarrollo urbanístico de Paterna (Valencia).* V Congreso Nacional de Ingeniería Civil: desarrollo y sostenibilidad en el marco de la ingeniería, Sevilla.
http://observatoriagua.uib.es/repositori/suds_altarejos.pdf
- [4] Andrés-Doménech, I. (2018). *El drenaje urbano sostenible. Un cambio de paradigma en la gestión del agua en la ciudad.*
<https://www.um.es/documents/3456781/10486227/20181005+Jornada+CAS+SUDS+Ignacio+Andres+Domenech.pdf/9f54bdbd-eb3a-42d5-b2e6-e2203482880e>

- [5] Asociación para el Desarrollo Rural de Andalucía (2017). *Guía de buenas prácticas ambientales en polígonos industriales*.
http://www.upv.es/contenidos/CADIVALT/info/Guia_Poligonos.pdf
- [6] Briz, J. (Ed.). (1999). *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental*. Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- [7] Casado, D. (18 de noviembre de 2017). Malasañeros, planten jardines en sus alcorques. *El diario.es*.
https://www.eldiario.es/madrid/somos/malasana/malasaneros-planten-jardines-en-sus-alcorques_1_6427964.html
- [8] Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana. Instituto Mediterráneo para el Desarrollo Sostenible (2004). *Guía medioambiental. Gestión de polígonos industriales*. Valencia.
- [9] D'Arcy, B.J., Kim, L.H. y Morrison, P. (2018). *Wealth Creation without Pollution - Designing for Industry, Ecobusiness Parks and Industrial States*. Londres: IWA Publishing.
- [10] de Roo, M. (2011). *The Green City Guidelines. Techniques for a healthy liveable city*. The Green City Publications. <http://aiph.org/wp-content/uploads/2015/04/Green%20City%20-%20Guidelines.pdf>
- [11] del Caz Enjuto, M. R. (2019). Árboles urbanos: patrimonio natural y cultural para la construcción de ciudades civilizadas. En *Actas XI Congreso internacional AR&PA 2018* (777-787). LAB PAP, Universidad de Valladolid y Junta de Castilla y León.
- [12] del Caz Enjuto, M. R. y Pérez García, J. (2018). Deforestación y desnaturalización de los cascos históricos de las ciudades españolas en la segunda mitad del siglo XX en Valladolid, caso de estudio. En Monclús, J. y Díez, C. (Eds.) *Ciudad y formas urbanas. Perspectivas transversales*. Volumen 7. Formas urbanas, paisaje, ecourbanismo (41-52). Prensas de la Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico.
- [13] *Diseño de un jardín de lluvia: la guía técnica*.
<http://biblus.accasoftware.com/es/disenio-de-un-jardin-de-lluvia/>
- [14] District of Columbia. Department of Transportation (2014). *Green infrastructure standards*.
<https://ddot.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddot/publication/attachments/2014-Final%20DDOT%20Green%20Infrastructure%20Standards.pdf>
- [15] Duckett, S., Weil, F., Daddi, O. y Krok-Horton, L. (5 de mayo de 2017). *Mobile Parklet Design in Northampton*. Northampton Office of Planning and Sustainability.
http://archive.northamptonma.gov/WebLink/0/edoc/560925/NOPS_Mobile%20Parklet%20Design%20in%20Northampton_DC16-17.pdf
- [16] European (27 de marzo 2015). *Torrent Estadella, la nueva fábrica urbana*.
<http://www.european-esp.es/blog/?p=2001>

- [17] European Commission (EC). (2015). *Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities Final Report of the Horizon 2020*. Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities. https://ec.europa.eu/newsroom/horizon2020/document.cfm?doc_id=10195
- [18] Fernandes, J. P. y Guiomar, N. (2018). Nature-based Solutions: The need to increase the knowledge on their potentialities and limits. *Land Degradation and Development*, 29(6), 1925-1939.
- [19] Fernández Calvo, I. C. (2019). *100 medidas para la conservación de la biodiversidad en entornos urbanos*. Seo BirdLife. <https://www.seo.org/wp-content/uploads/2019/11/cienmedidas.pdf>
- [20] Fernández, I., Juan, A. y Ruiz, M.C. (2005). *Análisis del estado actual de desarrollo de parques industriales sostenibles*. https://www.aepro.com/files/congresos/2005malaga/ciip05_0038_0057.200.pdf
- [21] Fonseca, F.P., Ramos, R.A.R, da Silva, A.N.R. (2016). Os Parques Industriais do Quadrilátero Urbano Segundo a Visão dos Empresários. *Revista portuguesa de estudos regionais*, 46, 48-65.
- [22] Francová, A., Chrástný, V., Šillerová, H., Vítková, M., Kocourková, J., & Komárek, M. (2017). Evaluating the suitability of different environmental samples for tracing atmospheric pollution in industrial areas. *Environmental Pollution*, 220, 286-297.
- [23] Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra. (2005). *Guía de buenas prácticas ambientales: polígonos industriales*. http://www.crana.org/themed/crana/files/docs/183/021/bbpps_poligonos_industrial_es.pdf
- [24] García-Atienza, E., Caudeli, R., Rodrigo, E., Laborda, R. (2014). *Aumento de la Biodiversidad en la ciudad mediante la siembra de alcorques*. XVI Congreso nacional de Arboricultura.
- [25] Genske, D.D. (2003). *Urban land: Degradation-Investigation-Remediation*. Berlin-Heidelberg: Springer.
- [26] Gibs, D. y Deutz, P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1683-1695.
- [27] Gopalakrishnan, V., Ziv, G. y Bakshi, B. R. (2019). Role of vegetation in mitigating air emissions across industrial sites in the US. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 7, 3783-3791.
- [28] Grant, G. (2012). *Ecosystem Services Come to Town: Greening cities by working with nature*. Londres: Wiley-Blackwell.
- [29] *Green Guerillas*. <http://www.greenguerillas.org/>
- [30] Grupo de trabajo GT 10_Fundación CONAMA (2018), *Soluciones basadas en la Naturaleza*. Fundación CONAMA. http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/10_fina

[l.pdf](#)

- [31] Guan, Y., Shao, C., Kang, L., Li, X., & Ju, M. (2018). Analysis of soil risk characteristics by comprehensive assessment in an industrial area of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(32), 32257-32268.
- [32] Guo, Z., Xiao, X. y Li, D. (2000). An assessment of ecosystem services: water flow regulation and hydroelectric power production. *Ecological Applications*, 10(3), 925-936.
- [33] Hallé, F. (2020). *La vida de los árboles*. Barcelona: Gustavo Gili.
- [34] Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y procesos ecológicos*, Barcelona: Gustavo Gili.
- [35] Juvillà Ballester, E. (Dir.) (2019). *Renaturalización la ciudad*. Diputació de Barcelona. <https://www1.diba.cat/liblioteca/pdf/61788.pdf>
- [36] Kabisch, N., Korn, H., Stdler, J. y Bonn, A. (2017). *Nature-based Solutions to climate change adaptation in urban areas. Linkages between science, policy and practice*. Springer Link. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-56091-5>
- [37] Knauf insulation. Urbanscape. Sistema de cubierta verde (mayo de 2018). https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/actividades/articulos_de_prensa/pressebericht_details.php?id=60
- [38] Lavorel, S., Colloff, M.J., McIntyre, S., Doherty, M.D., Murphy, H.T., Metcalfe, D.J., Dunlop, M., Williams, R.J., Wise, R.M. and Williams, K. (2015). Ecological mechanisms underpinning climate adaptation services. *Global Change Biology*, 21(1), 12–31.
- [39] Maes, J. y Jacobs, S. (2015). Nature-Based Solutions for Europe’s Sustainable Development. *Conservation Letters*, 10(3), 121-124.
- [40] Mayor of London (Noviembre 2016). *SUDS in London – a guide*. <http://content.tfl.gov.uk/sustainable-urban-drainage-november-2016.pdf>
- [41] Metro huerto. *Muro de biodiversidad. Creación de muros hábitat para el fomento de aves y mariposas*. <http://www.metrohuerto.es/product/muro-de-biodiversidad/>
- [42] National Association of City Transportation Officials (2017). *Urban Street stormwater guid*. <https://nacto.org/publication/urban-street-stormwater-guide/>
- [43] NBSNBSFT. (2019). *Compendium of contributions Nature-Based Solutions. Climate action summit 2019*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/29988>
- [44] Perales Momparler, S. y Andrés Doménech, I. (2008). *Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*. https://www.researchgate.net/publication/237213737_Los_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_Una_Alternativa_a_la_Gestion_del_Agua_de_Lluvia

- [45] Potschin, M., Kretsch, C., Haines-Young, R., Furman, E., Berry, P. y Baró, F. Nature-Based Solutions. *OpenNESS*, 18.
<https://www.researchgate.net/publication/280067191>
- [46] SICAN (2010). *Guía de integración paisajística de los polígonos industriales y parques empresariales de Cantabria*.
<http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0670150.pdf>
- [47] Somos Chamberí (10 de agosto de 2018). Los jardines en alcorques florecen en Chamberí. *El diario.es*. <https://somoschamberi.eldiario.es/los-jardines-en-alcorques-florecen-en-chamberi/>
- [48] Song, Y., Kirkwood, N., Maksimović, Č., Zhen, X., O'Connor, D., Yuanliang, J y Hou, D. (2019). Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review. *Science of The Total Environment*, 663, 568-579.
- [49] SuD Sostenible (22 de enero de 2015). *Elementos de una calle verde: cunetas vegetales*. <http://sudsostenible.com/category/cunetas-verdes-2/>
- [50] SuD Sostenible (29 de enero de 2015). *Elementos de una calle verde: el arbolado*.
<http://sudsostenible.com/elementos-de-una-calle-verde-el-arbolado/>
- [51] SuD Sostenible. *Pavimentos permeables*. <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/pavimentos-permeables/>
- [52] Technalia Research and Innovation (2017). *Soluciones Naturales para la adaptación al cambio climático en el ámbito local de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Guía metodológica para su identificación y mapeo. Caso de estudio Donostia-San Sebastián*. Bilbao: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda Gobierno Vasco.
- [53] Trapote Jaume, A. y Fernández Rodríguez, H. (2016). *Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible*. Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales.
<http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/163975683/AGRICULTURA8-16I+memoria/1d8cb413-3eb3-4f5e-a247-e4466a59b21c>.
- [54] Trees & Design Action Group (2012). *Trees in the townscape. A guide for decision makers*. <http://www.tdag.org.uk/trees-in-the-townscape.html>
- [55] Urban Green Up (2019). *D1.1: NBS Catalogue*.
<https://www.urbangreenup.eu/insights/>
- [56] Washington State University Extension. *Rain garden basics*.
<https://extension.wsu.edu/raingarden/featured-rain-gardens/>
- [57] Yang, P. y Ong, B. (2004). Applying ecosystem concepts to the planning of industrial areas: A case study of Singapore's Jurong Island. *Journal of Cleaner Production*, 12, 1011–1023.