

**CONAMA 2022**

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

# Soluciones basadas en la naturaleza en el Barrio de El Santuario

Propuesta de Laboratorio Urbano en la ciudad de Córdoba, España





**Autora Principal:** Rocío Pineda Martos (Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, ETSIA-US)

**Otros autores:** Daniel Olivares Pérez (Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, ETSIAM-UCO); Enriqueta Martín-Consuegra Fernández (Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, ETSIAM-UCO)

## Título:

**Soluciones basadas en la naturaleza en el Barrio de El Santuario –  
Propuesta de Laboratorio Urbano en la ciudad de Córdoba, España**

## Palabras Clave:

asociación de vecinos; entorno construido; infraestructura verde urbana; ciencia ciudadana; sostenibilidad urbana

## Resumen:

La Asociación de Vecinos del barrio de El Santuario – situada en la ciudad de Córdoba, España – colabora con el IMGEMA - Instituto Municipal de Gestión Medio Ambiental, Real Jardín Botánico de Córdoba en el asesoramiento para la gestión de los espacios verdes urbanos de titularidad privada, aunque de uso público, caracterizados en el barrio. La condición de estos espacios verdes – *i.e.*, privados de uso público – no es exclusiva de este barrio, ya que podemos encontrar espacios verdes de este tipo distribuidos por diferentes zonas de la ciudad; provocando, además, ciertas molestias a los vecinos en lo relativo a su gestión. Según el Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU) – instrumento general de planeamiento definido en la normativa urbanística de España, y documento que rige la evolución urbanística de la ciudad –, estos espacios se denominan como de Planeamiento Abierto generando otras Zonas Privadas de Uso Público. Estos espacios verdes urbanos se han implementado entre edificaciones aceptando como sinónimos: vías internas de acceso, pasajes, aceras o calles peatonales; definiéndose habitualmente como aquellos espacios de uso público, destinados a la circulación de peatones o vehículos, que dan acceso a las zonas internas de un bloque de edificios o vecindario – p. ej., calles, jardines y espacios abiertos. Las comunidades de vecinos afectadas adquieren terrenos de su propiedad pero que pueden y deben ser utilizados por todos los ciudadanos. La presente comunicación científico-técnica describirá las estrategias recomendadas sobre la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) como espacios de oportunidad para ayudar en la mejora de la toma de decisiones basadas en las necesidades de la Asociación de Vecinos de El Santuario. Se presentará el desarrollo de un plan de manejo para la valorización de los espacios verdes privados en el barrio: (1) diagnóstico actual – *i.e.*, inventario de espacios verdes, planimetría y fichas técnicas de las especies; y (2) recomendación sobre la implementación de SbN de carácter innovador y para abordar los desafíos de circularidad urbana (UCCs, de sus siglas en inglés) y la mitigación y adaptación al cambio climático, siguiendo el marco recientemente publicado desde la Acción Europea COST CA17133 Circular City sobre la implementación de SbN para la creación de ciudades circulares.

## 1. Introducción

Durante los siglos XIX, XX y principios del XXI, las ciudades han basado su crecimiento y desarrollo en la inversión e implementación de infraestructura gris; cuyo concepto se entiende como aquellas estrategias basadas en el desarrollo tradicional de infraestructuras de transporte y energía. Estas infraestructuras dotaron indudablemente a la sociedad de múltiples servicios y beneficios tangibles muy necesarios para su modernización (John et al., 2019).

Actualmente, el modo de ver la relación del ser humano con la naturaleza ha cambiado, en gran parte debido a la necesidad de adaptarnos y mitigar el cambio climático, acompañado con la búsqueda de la sostenibilidad (Salvo-Tierra, 2021). Por ello, se está promoviendo un nuevo enfoque a la hora de planificar estratégicamente los espacios verdes y el desarrollo urbanístico (John et al., 2019). Este enfoque se basa en la creación e implementación de infraestructura verde urbana – definida por la Comisión Europea en 2013 como: “red(es) de áreas naturales planificadas y administradas estratégicamente, que conservan o mejoran los valores y funciones de los ecosistemas y proporcionan beneficios asociados a las poblaciones humanas” (Federación Española de Municipios y Provincias, 2019; Salvo-Tierra, 2021).

La infraestructura verde tiene como esencia la multifuncionalidad, es decir, nos brinda una amplia gama de beneficios ambientales, sociales y económicos; ya sea por sí sola o en combinación con la infraestructura gris ya construida. Dichos beneficios se pueden enmarcar dentro de los llamados servicios ecosistémicos que son todo aquello que obtenemos y de lo que nos beneficiamos al disponer de ecosistemas naturales o seminaturales.

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son definidas por la Comisión Europea (2021) como “soluciones a desafíos a los que se enfrenta la sociedad que están inspiradas y respaldadas por la naturaleza; que son rentables y proporcionan a la vez beneficios ambientales, sociales y económicos, y ayudan a aumentar la resiliencia” (Ministerio para la Transición Ecológica y The Nature Conservancy, 2019). La Acción Europea COST Circular City las define como “conceptos que llevan la naturaleza a las ciudades y aquellos que se derivan de la naturaleza. Las SbN abordan los desafíos sociales y permiten la recuperación de recursos, la mitigación climática y los desafíos de adaptación, el bienestar humano, la restauración de ecosistemas y/o la mejora del estado de la biodiversidad, dentro de los ecosistemas urbanos. Como tal, dentro de esta definición logramos recuperar recursos utilizando organismos (p. ej., microorganismos, algas, plantas, insectos y lombrices) como agentes principales. Sin embargo, los procesos químicos y físicos pueden ser incluidos en la recuperación de recursos, ya que pueden ser necesarios para respaldar y mejorar el desempeño de las SbN” (Langergraber et al., 2020, 2021a,b).

Dentro de las SbN encontramos las infraestructuras verdes empleadas a nivel local, adaptadas a las necesidades y contextos sociales de cada barrio o ciudad, al mismo tiempo que mantienen el capital natural en el lugar en el que se instalan (Langergraber et al., 2021a; Pineda-Martos y Calheiros, 2021). Al igual que ocurre con toda la infraestructura verde, este tipo de propuestas están siendo cada vez más importantes en la planificación de los núcleos urbanos, como una forma de adaptarlos al cambio climático, aumentar su resiliencia y alcanzar el objetivo de la sostenibilidad y la circularidad urbanas (Drift, 2019; Atanasova et al., 2021; Pineda-Martos y Calheiros, 2021).

Las zonas verdes del Barrio de El Santuario en Córdoba, España, se encuentran incluidas en una Ordenación Abierta, denominada así por el PGOU (Plan General de Ordenación Urbanística). Esto se traduce en que dichos espacios son catalogados como “Zonas Privadas de Uso Público”. Según el Manifiesto sobre zonas privadas de uso público en Córdoba, dicha denominación implica que estos jardines deben ser mantenidos y gestionados por sus propietarios, al mismo tiempo que se permita el uso y disfrute de los mismos a toda la ciudadanía (Federación de Asociaciones Vecinales “Al-Zahara”, 2021).

Para entender esto hay que remontarse a los inicios del barrio de El Santuario, cuando estaba vigente la Ley del Suelo y Ordenación Urbana de 1956. Con esta ley se obligaba a los promotores a construir pasajes y vías de servidumbre con sus correspondientes jardines entre los edificios de viviendas, siendo estos espacios catalogados de uso público o colectivo y destinados a la circulación libre de personas y vehículos. Al ser vendidas las viviendas, la propiedad de estas zonas verdes también recayó sobre el comprador – en este caso sobre el vecindario de forma colectiva –, encontrándose con un terreno de su propiedad, pero que puede y tiene que ser usado por todos.

Con el paso de los años y tras varios intentos de colaboración entre el Ayuntamiento de Córdoba y los vecinos para la gestión de sus zonas verdes, se llega a la situación actual en la que la gestión de éstas recae de forma íntegra en los vecinos y en la que el apoyo de la administración pública parece ser caracterizado por su falta de constancia y regularidad.

De este modo, y en consecuencia con el estado inicial del proyecto de asesoramiento, el objetivo de trabajo consistió en mantener las zonas verdes y abordar su gestión para conseguir el propósito de ser un barrio verde y ecológico que aporte una mayor calidad de vida, desempeñe una función educativa y sirva como laboratorio urbano, con la idea de su posible extrapolación a otros barrios de la ciudad con similares problemas de gestión en sus zonas verdes de uso privado (Martín-Consuegra, Olivares-Pérez y Pineda-Martos, 2022a,b). Para ello, se describirán las estrategias recomendadas sobre la implementación de SbN como espacios de oportunidad para ayudar en la mejora de la toma de decisiones basadas en las necesidades de la Asociación de Vecinos de El Santuario; presentándose, además, el desarrollo de un plan de manejo para la valorización de los espacios verdes privados en el barrio.

## 2. Metodología

### 2.1. Localización del estudio

El Barrio de El Santuario se encuentra en la parte oriental de la ciudad de Córdoba (España), en concreto dentro del Distrito Sureste. Sus coordenadas son 37°52'49.3"N 4°45'30.5"W. El Barrio tiene un total de 80.117 m<sup>2</sup> de suelo neto, de los que 74.131 m<sup>2</sup> son construidos. Está compuesto de 862 pisos distribuidos en 56 bloques de cuatro plantas con 15 ó 16 viviendas cada uno. Fue considerado como uno de los barrios mejores dotados de la ciudad, no sólo por sus infraestructuras y servicios, sino también por sus abundantes zonas verdes y su buen estado de conservación gracias a los propios vecinos (Ministerio de Fomento, 2001).

## 2.2. Climatología de la zona

El clima de la ciudad de Córdoba es un clima mediterráneo continental caracterizado por: marcada estacionalidad, sequía estival, variación anual de la precipitación, temperaturas extremas en verano y práctica ausencia de heladas en invierno, y pronunciada oscilación térmica entre estaciones y entre el día y la noche – en ocasiones hasta más de 20°C.

## 2.3. Inventario de las zonas verdes

Para la realización del inventario se agruparon las diferentes zonas verdes en función de la calle, avenida o pasaje más cercano, obteniéndose un total de 14 grupos. Para la toma de datos de los especímenes vegetales se recorrieron todas las zonas anotando las especies presentes y el número de individuos de cada especie.

## 2.4. Planimetría

Se realizaron dos tipos de planos: a nivel del Barrio con la vegetación de todas las zonas; y la vegetación de cada zona. El diseño de los planos se realizó mediante el software de paisajismo Lands Design (Lands Design 5.6 para AutoCAD, 2021).

## 2.5. Fichas técnicas

Los datos contenidos en las fichas se agruparon en tres niveles: datos de la especie, datos morfológicos y caracteres ecofisiológicos.

## 2.6. Selección de soluciones basadas en la naturaleza

La elección de las SbN a implantar en el Barrio se llevó a cabo a partir del marco propuesto por Langergraber et al. (2021a) en el que se proponen una serie de desafíos de circularidad urbana (Atanasova et al., 2021) y una lista de SbN agrupadas en subcategorías para abordarlos; de las SbN propuestas, se seleccionaron las más adecuados para nuestro caso (Langergraber et al., 2021a,b).

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1. Inventario de las zonas verdes

La superficie inventariada fue de unos 16.000 m<sup>2</sup>, contabilizándose un total de 101 especies distintas y 661 individuos. Las diez especies que resultaron ser las más abundantes se muestran en la Tabla 1.

En cuanto a los grupos de plantas, el de árboles caducifolios es el que tiene una mayor representación de especies, seguido por el de arbustos y árboles perennifolios. La presencia de helechos, bulbosas y rizomatosas, y palmeriformes es anecdótica (Figura 1).

## 3.2. Planimetría

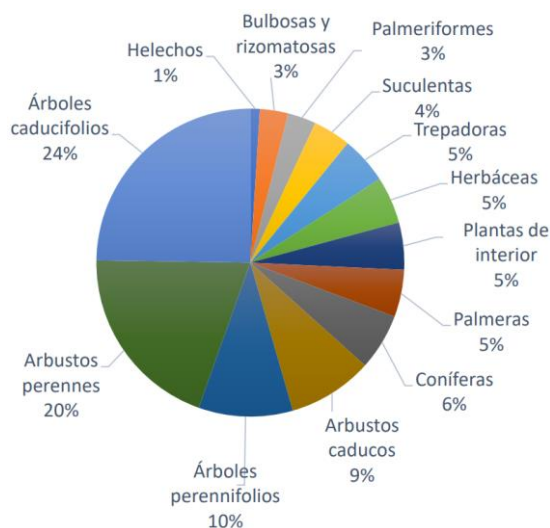
Se desarrolló un total de 78 planos, de los cuales 76 correspondían a las zonas verdes individualizadas. Los otros dos planos restantes correspondían al método de agrupación de las zonas verdes y a la vista general del Barrio y de su vegetación (Figura 2).

**Tabla 1.** Especies vegetales más abundantes identificadas en el Barrio de El Santuario

Orden abundancia	Género	Especie	Familia	Origen	n <sup>†</sup>
1º	<i>Citrus</i>	<i>aurantium</i>	Rutaceae	Asia	87
2º	<i>Rosa</i>	spp.	Rosaceae	Europa	42 <sup>‡</sup>
3º	<i>Jasminum</i>	<i>officinale</i>	Oleaceae	Asia	36
4º	<i>Ligustrum</i>	<i>japonicum</i>	Oleaceae	Asia	30
5º	<i>Hibiscus</i>	<i>syriacus</i>	Malvaceae	Asia	29
6º	<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	Verbenaceae	América	27
7º	<i>Philadelphus</i>	<i>coronarius</i>	Hydrangeaceae	Europa	25
8º	<i>Cestrum</i>	<i>nocturnum</i>	Solanaceae	América	19
9º	<i>Viburnum</i>	<i>tinus</i>	Caprifoliaceae	Mediterráneo	18
10º	<i>Prunus</i>	<i>cerasifera</i>	Rosaceae	Asia	16

<sup>†</sup>número de individuos <sup>‡</sup>grupos de individuos

Fuente: Olivares Pérez, 2022



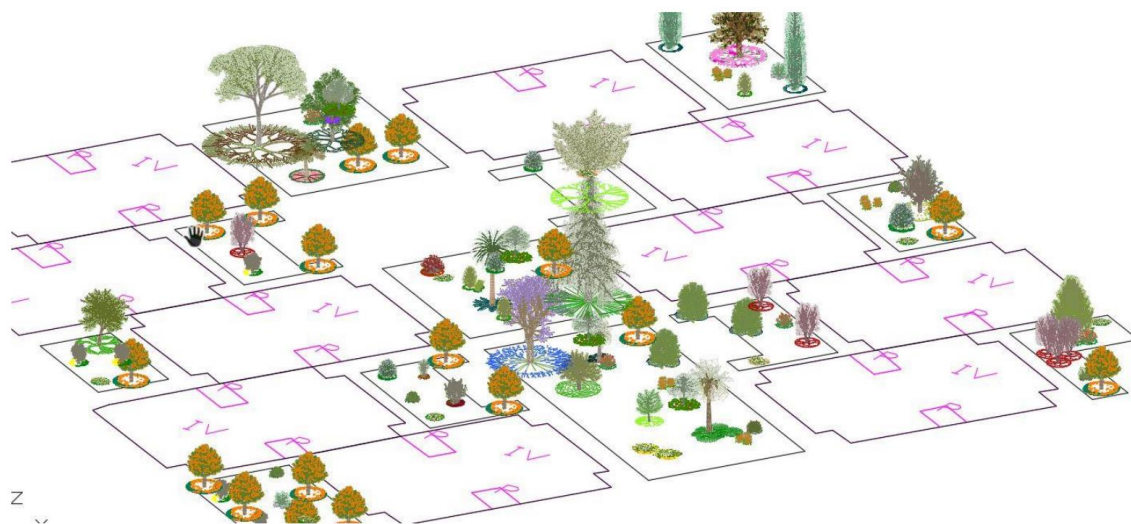
**Figura 1.** Representación de los distintos grupos de plantas (Olivares Pérez, 2022)

## 3.3. Fichas técnicas

En total se realizaron 101 fichas, una para cada especie. Dichas fichas pueden ayudar a homogeneizar el conocimiento sobre las especies en cuanto a su nomenclatura científica y



vulgar, así como servir para aprender sobre el aspecto de las plantas y su ciclo fenológico. Además, aportan información acerca de los requerimientos y límites ecológicos de cada especie, e información sobre la gestión y manejo de cada una.



**Figura 2.** Ejemplo de vista 3D de uno de los planos realizados de el Barrio de El Santuario con el software Lands Design (Olivares Pérez, 2022)

### 3.4. Análisis y recomendaciones de especies botánicas

Una vez recopilada la información para caracterizar las especies botánicas, se realizó el siguiente análisis:

- Se cuenta con la presencia de 10 especies que, o bien están catalogadas como exóticas invasoras (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022) o bien tienen potencial para serlo (Hermoso de Mendoza y Prunier, 2010). Dichas especies son las que se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Especies con capacidad invasiva identificadas

Género	Especie	Familia	Origen	n <sup>†</sup>
<i>Acer</i>	<i>negundo</i>	<i>Aceraceae</i>	América	5
<i>Agave</i>	<i>sisalana</i>	<i>Agavaceae</i>	América	1
<i>Buddleja</i>	<i>davidii</i>	<i>Buddlejaceae</i>	Asia	5
<i>Gazania</i>	<i>rigens</i>	<i>Asteraceae</i>	África	2
<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	<i>Verbenaceae</i>	América	27
<i>Melia</i>	<i>azedarach</i>	<i>Meliaceae</i>	Asia	11
<i>Schinus</i>	<i>molle</i>	<i>Anacardiaceae</i>	América	6
<i>Washingtonia</i>	<i>filifera</i>	<i>Arecaceae</i>	América	2
<i>Yucca</i>	<i>gloriosa</i>	<i>Agavaceae</i>	América	7
<i>Zantedeschia</i>	<i>aethiopica</i>	<i>Araceae</i>	África	3

<sup>†</sup>número de individuos

Fuente: Olivares Pérez 2022

En la medida de lo posible convendría ir sustituyendo estas especies, en especial aquellas con mayor número de individuos, por otras no invasoras de similar uso o carácter ornamental. Para el caso de *Acer negundo*, se propusieron las siguientes alternativas: *Celtis australis*, *Fraxinus angustifolia*, *Tilia platyphyllos* y *Aesculus hippocastanum*; algunas de ellas ya presentes en los jardines del Barrio. Estas especies son igualmente de sombra, caducifolias, con portes y requerimientos muy parecidos y dos de ellas son autóctonas (*C. australis* y *F. angustifolia*). En sustitución de arbustos como *Lantana camara*, *Buddleja davidii* y *Yucca gloriosa*, se proponen las siguientes especies arbustivas: *Retama monosperma*, *Pistacia lentiscus*, *Teucrium fruticans*, *Crataegus monogyna*, *Chamaerops humilis* y *Cistus albidus*; todas autóctonas, con flores y frutos vistosos y sobradamente adaptadas a la sequía. Si se quiere seguir utilizando lantanas, convendría sustituirlas por otras especies menos invasivas como *L. montevidensis*. *Washingtonia filifera* podría sustituirse por la ya presente *Trachycarpus fortunei*. Para *Melia azedarach* y *Schinus molle*, se proponen las alternativas de *Arbutus unedo*, *Lagunaria patersonia*, *Quercus ilex* subsp. *ballota* y la ya presente *Morus alba* “Fruitless”.

- Hay presencia de 11 especies que tienen una capacidad alta, media o baja para producir alergias (Tabla 3) (Vaquero del Pino, 2011; Universidad de Castilla-La Mancha y Red de Aerobiología de Castilla-La Mancha, 2022).

**Tabla 3.** Especies alergénicas

Género	Especie	Familia	Origen	n <sup>†</sup>
<i>Acer</i>	<i>negundo</i>	Aceraceae	América	5
<i>Casuarina</i>	<i>equisetifolia</i>	Casuarinaceae	Australia	1
<i>Cedrus</i>	<i>deodara</i>	Pinaceae	Asia	5
<i>Cupressus</i>	<i>arizonica</i> *	Cupressaceae	América	7
<i>Cupressus</i>	<i>macrocarpa</i> *	Cupressaceae	América	1
<i>Fraxinus</i>	<i>excelsior</i>	Oleaceae	Europa	2
<i>Ligustrum</i>	<i>japonicum</i> *	Oleaceae	Asia	30
<i>Pinus</i>	<i>pinea</i>	Pinaceae	Mediterráneo	4
<i>Platanus</i>	<i>hispanica</i> *	Platanaceae	Mediterráneo	3
<i>Taxus</i>	<i>baccata</i>	Taxaceae	Mediterráneo	1
<i>Thuja</i>	<i>orientalis</i>	Cupressaceae	Asia	1

†número de individuos \*especies con capacidad alergénica alta o muy alta

Fuente: Olivares Pérez 2022

En este caso, las propuestas de sustitución se centraron en las especies con mayor capacidad alergénica y con mayor número de individuos; es decir, *Cupressus arizonica* y *Ligustrum japonicum*. Las especies propuestas *Tetraclinis articulata*, *Ceratonia siliqua*, *Sorbus domestica*, *Ficus benjamina* y *Phytolacca dioica*; fueron elegidas con el objetivo de cumplir las mismas funciones que las especies a las que sustituyen, así como tener requerimientos ecológicos parecidos y morfología semejante. Además, muchas de ellas son autóctonas, como *T. articulata*, *C. siliqua* y *S. domestica*, estas dos últimas ya están presentes en el Barrio.

- De las especies con una floración vistosa, sólo aproximadamente el 4% lo hacen en otoño e invierno, por lo que sería interesante introducir especies que florezcan en estas fechas como *Forsythia x intermedia*, *Sedum spectabile*, *Skimmia japonica* y *Chaenomeles japonica*, permitiendo así floración durante el mayor tiempo posible.
- Hay presencia de especies altamente tóxicas como la adelfa (*Nerium oleander*), castaño de Indias (*Aesculus hippocastanum*), toloache (*Datura innoxia*) y tejo (*Taxus baccata*). Estas especies hay que manejarlas siempre con precaución y en el caso de que se quieran sustituir, se pueden emplear todas las especies propuestas anteriormente.
- Creación de itinerarios botánicos por las zonas verdes con una finalidad divulgativa y educativa (Pineda-Martos et al., 2022). Para ello, se podrían extraer de las fichas técnicas los datos más interesantes, creando pequeñas fichas digitales asociadas a códigos QR e instalándose en pequeños carteles cerca del individuo en cuestión.

## 3.5. Propuesta de soluciones basadas en la naturaleza

Las SbN seleccionadas por su posible aplicación en el Barrio se muestran a continuación (Langergraber et al., 2021a):

- Gestión del agua de lluvia: estanque de retención (húmedo/seco), célula de biorretención, canal biológico, alcorques especiales y jardineras, pavimento de rejilla con vegetación.
- Sistemas de jardinería vertical y techos verdes: fachadas verdes (plantadas en la base del muro, plantadas en el propio muro, plantadas en macetas), pérgolas con vegetación, techos verdes extensivos, jardinería y enverdecimiento vertical móvil.
- Espacios verdes (públicos): alineaciones de árboles en las calles, jardines y parques, praderas urbanas.
- Remediación, tratamiento y recuperación: compostaje, fitorremediación, bioingeniería de suelos y aguas, conservación y mejora de suelos.

Tras seleccionar las SbN que pueden ser aplicadas en el Barrio, se procedió a clasificarlas en función del grado de viabilidad de su implementación (Tabla 4). Dicha clasificación consistió en la designación de una categoría a cada SbN de las tres siguientes: alto (verde), medio (amarillo) y bajo (rojo). Para ello, se tuvieron en cuenta factores como la disponibilidad de espacio, el coste de la implementación, peticiones de los vecinos, costes y tiempo de mantenimiento, entre otros.

## 3.6. Ubicaciones y espacios de oportunidad para las soluciones basadas en la naturaleza seleccionadas

- SbN nº. 5, 6 y 7: estanque de retención (húmedo), estanque de retención (seco) y célula de biorretención (Tabla 4). Una posible ubicación para estas SbN sería en la zona rectangular de los jardines del Pasaje de Sabular. Se trata de una zona que

actualmente está en desuso (espacio de oportunidad) y el espacio ajardinado que la rodea es amplio y con mucha vegetación. En el caso de que haya un sistema de reconducción del agua captada y retenida, como en las SbN nº. 5 y 6, éste podría desaguar directamente en los pozos presentes en dicha zona. Respecto a la SbN nº. 7, el agua se infiltraría directamente al subsuelo. Las tres SbN irían vegetadas con flora acuática mediterránea.

**Tabla 4.** Clasificación de las soluciones basadas en la naturaleza propuestas según su viabilidad de implementación

nº.†	Tipo de acción‡	SbN	Grado de viabilidad en la implementación
<b>Gestión del agua de lluvia</b>			
5	SbN_tu	Estanque de retención (húmedo)	MEDIO
6	SbN_tu	Estanque de retención (seco)	ALTO
7	SbN_tu	Célula de biorretención	ALTO
8	SbN_tu	Canal biológico	BAJO
10	SbN_tu	Alcorques especiales y jardineras	ALTO
11	SbN_tu	Pavimento de rejilla vegetado	ALTO
<b>Sistemas de jardinería vertical y techos verdes</b>			
13	SbN_tu	Fachadas verdes plantadas en la base del muro	ALTO
14	SbN_tu	Fachadas verdes plantadas en el propio muro	BAJO
15	SbN_tu	Fachadas verdes plantadas en macetas	MEDIO
16	SbN_tu	Pérgolas con vegetación	ALTO
17	SbN_tu	Techos verdes extensivos	MEDIO
20	SbN_tu	Jardinería móvil y enverdecimiento vertical móvil	BAJO
<b>Remediación, tratamiento y recuperación</b>			
23	SbN_is	Compostaje	ALTO
25	SbN_is	Fitorremediación	ALTO
<b>Bioingeniería de suelos y aguas</b>			
33	SbN_is	Conservación y mejora de suelos	MEDIO
<b>Espacios verdes (públicos)</b>			
39	SbN_su	Alineaciones de árboles en las calles	ALTO
41	SbN_su	Jardines y parques de pequeñas dimensiones	ALTO
42	SbN_su	Praderas urbanas	MEDIO

†Numeración de acuerdo con Langergraber et al. (2021)

‡SbN\_tu: unidades tecnológicas de SbN; SbN\_su: unidades espaciales de SbN; SbN\_is: intervención de suelos en SbN

Fuente: Olivares Pérez 2022

- SbN nº. 10: alcorques especiales y jardineras (Tabla 4). Los espacios verdes de este Barrio tienen la mayoría de los árboles dentro de la propia zona verde. La idea es instalar alcorques vegetados con planta anual además del sistema de caja de filtrado. Habría que tener en cuenta la siega de la biomasa generada por esa vegetación, cuando la planta se agoste o empiece a competir por agua con el arbolado, contribuyendo así al quinto objetivo de circularidad (UCC5, producción de alimentos y biomasa) (Atanasova et al., 2021; Langergraber et al., 2021a,b).
- SbN nº. 11: pavimento de rejilla con vegetación (Tabla 4). Este pavimento puede instalarse en todas las zonas de aparcamiento del Barrio, ocupando sólo la franja de la calzada en la que estacionan actualmente los vehículos, o toda la superficie como en los aparcamientos del cruce de la Calle de Nuestra Señora de Belén con la Calle Arquitecto Sáenz de Santa María.
- SbN nº. 13, 14 y 15: fachadas verdes plantadas en la base del muro, fachadas verdes

plantadas en el propio muro y fachadas verdes plantadas en macetas (Tabla 4). Respecto a estas infraestructuras de SbN, la más recomendable para el Barrio es la fachada verde plantada en la base del muro utilizando trepadoras y estructuras auxiliares para el desarrollo de la misma, ya que su instalación y mantenimiento es más barato y sencillo, y las raíces o ventosas de la planta no deterioran el muro. Respecto a la estructura auxiliar, es importante dejar una separación de más de 10 cm respecto al muro y no llegar hasta el suelo para facilitar la limpieza de dicho hueco. Las posibles fachadas para su implementación dependerán de la orientación, de la visión y de la radiación solar recibida, al igual que las especies utilizadas. A lo largo de la Avenida de Virgen del Mar y en concreto las fachadas de los bloques de pisos orientados hacia la carretera (Este), se podrían crear estas infraestructuras con especies de trepadoras como la parra virgen (*Parthenocissus tricuspidata*) o la madreselva (*Lonicera* spp.) que soportan temperaturas altas y radiación intensa. Dichos muros serían un lugar idóneo para este tipo de SbN ya que la acera es lo suficientemente ancha, se reduce la contaminación acústica en el interior de las viviendas procedente de la carretera, se reduce la temperatura en el interior de las mismas – sobre todo en verano al proteger a los edificios de la radiación solar – y se crea un ambiente en el exterior más fresco en verano por el efecto de la evapotranspiración. De igual forma, en todas las fachadas con orientación Sur como las de la Avenida Calderón de la Barca se podrían implementar estas SbN utilizando las mencionadas especies. En el caso de fachadas con orientación Norte o similar como las de la Calle Periodista Miguel Ortiz o la Calle Arquitecto Saénz de Santamaría que no reciben tanta insolación, podrían utilizarse otras especies como la hiedra (*Hedera hélix*).

- SbN nº. 16: pérgolas con vegetación (Tabla 4). Estas estructuras se podrían instalar en las zonas centrales cuadradas presentes de forma repetida en varios lugares del Barrio, como en el Pasaje Platero Rafael Muñoz Hornero, Pasaje del Moredal, Pasaje Escritor Vargas Machuca y Pasaje Tirso de Molina. En este caso, se trataría de pérgolas cuadradas ancladas al suelo bajo las que se podrían instalar bancos u otro tipo de mobiliario urbano para descansar a la sombra. Otro tipo de pérgolas, en este caso longitudinales y ancladas a las fachadas y al suelo, se podrían instalar en determinadas aceras desprovistas de arbolado y sombras, como las de la Avenida Calderón de la Barca. También podrían instalarse pérgolas vegetadas con trepadoras de hoja caduca como *Jasminum nudiflorum*, sobre las zonas de aparcamiento del Barrio, de esta forma los coches estarían a la sombra en verano, y en invierno, cuando las trepadoras carecieran de hoja, se permitiría la entrada de luz al aparcamiento. Algunas especies vegetales que se podrían usar son la wisteria (*Wisteria sinensis*), el jazmín azul (*Plumbago auriculata*) y falso jazmín (*Solanum jasminoides*).
- SbN nº. 17: techos verdes extensivos (Tabla 4). En este caso, las azoteas de algunos edificios como la Escuela de Educación Infantil, el Centro Cívico y el borde de la azotea del edificio de los locales comerciales, podrían prestarse a la implementación de esta SbN, por ser tejados sin pendiente. Antes de nada, es importante evaluar la capacidad de carga del edificio, tener en cuenta si serían visibles o no, ya que este tipo de techo verde no es transitable, así como conocer el tipo de acceso a las azoteas para el montaje y el mantenimiento. Con la implementación de esta SbN conseguiríamos proteger el material de las cubiertas y reducir la temperatura en el interior de estos edificios, reduciendo también el gasto en aire acondicionado.

- SbN nº. 23: compostaje (Tabla 4). El compostaje comunitario es una iniciativa que ya está presente en numerosos Barrios y pequeños municipios de España, mostrándose como la mejor solución para la gestión de residuos a pequeña escala. Se estima que, por cada 100 kg de residuos orgánicos, se obtienen 25 kg de compost de buena calidad listo para ser usado en los jardines del lugar en el que se produjo (Medio Ambiente y Movilidad, 2018). La idea sería instalar pequeños cercados con los contenedores de compostaje en su interior, repartidos de forma estratégica por el Barrio.
- SbN nº. 25: fitorremediación (Tabla 4). Esta técnica se puede aplicar en todas las SbN propuestas dentro de la subcategoría de Gestión del agua de lluvia – primera subcategoría según Langergraber et al. (2021a). Se trata de utilizar especies vegetales hiperacumuladoras de contaminantes y metales pesados como *Strelitzia reginae* y *Brassica juncea*.
- SbN nº. 33: conservación y mejora de suelos (Tabla 4). En este caso uno de los métodos de conservación y mejora del suelo más factibles en el Barrio es el mulching o acolchado. Para su realización podrían emplearse restos de poda y siega, y el compost producido.
- SbN nº. 42: praderas urbanas (Tabla 4). Las praderas urbanas con especies mediterráneas podrían ser una alternativa a las praderas de césped tradicionales, permitiendo ahorrar agua y costes de mantenimiento. Por el contrario, habría que tener en cuenta que en ciertos momentos del año podrían resultar una solución menos atractiva que el césped. La idea sería alternar zonas de césped con superficies de pradera mediterránea, sobre todo en lugares amplios como en el Pasaje Sabular.

## 4. Conclusiones

1. Se han inventariado un total de 16.000 m<sup>2</sup> de zonas verdes privadas de uso público del Barrio de El Santuario. Se obtuvieron 101 especies, 56 familias botánicas y 661 individuos. La especie con más individuos fue *Citrus aurantium*; el grupo de plantas con mayor representación de especies fue el de árboles caducifolios; la familia con más especies fue Rosaceae; y la procedencia más común fue Asia.
2. Se han elaborado un total de 78 planos, acerca del sistema de agrupación de las zonas verdes para el inventario y acerca de las especies presentes y el número de individuos, a nivel general y a nivel particular de cada zona verde.
3. Se han realizado 101 fichas técnicas de especies recopilando información referente a datos de la especie, datos morfológicos y caracteres ecofisiológicos. Se extrajo información como las especies invasoras o las alérgicas.
4. Se han seleccionado 18 SbN para su posible aplicación en el Barrio, clasificándolas en función del grado de viabilidad de su implementación. Las SbN más recomendables fueron la nº. 6 – estanque de retención (seco); la nº. 7 – célula de biorretención; la nº. 10 – alcorques especiales y jardineras; la nº. 11 – pavimento de rejilla con vegetación; la nº. 13 – fachadas verdes plantadas en la base del muro; la nº. 16 – pérgolas con vegetación; la nº. 23 – compostaje; y la nº. 25 – fitorremediación.
5. Se ha iniciado un programa activo de ciencia ciudadana en el barrio con el objetivo de crear sinergias estables y duraderas entre Universidad, Administración pública y

sociedad.

## Bibliografía

- [1] Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP). (2019). *Guía Divulgativa de la Infraestructura Verde Municipal*. España. <https://www.aepjp.es/wp-content/uploads/2019/09/GUIA-DIVULGATIVA-DEFINITIVA.pdf>
- [2] Atanasova, N., Castellar, J. A. C., Pineda-Martos, R., Nika, C. E., Katsou, E., Istenič, D., Pucher, B., Andreucci, M.-B., Langergraber, G. (2021). Nature-Based Solutions and Circularity in Cities. *Circular Economy and Sustainability*, 1, 319-332. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00024-1>
- [3] Comisión Europea. (2013). *Building a green infrastructure for Europe*. [https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green\\_infrastructure\\_broc.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf)
- [4] Comisión Europea (2021). *EU research policy, what nature-based solutions are, background, news and documents*. Nature-based solutions research policy. European Commission website. [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions/research-policy\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions/research-policy_en)
- [5] Federación de Asociaciones Vecinales “Al-Zahara”. (2022). *Manifiesto sobre zonas privadas de uso público en Córdoba*. Córdoba, España. <https://www.al-zahara.com/es/asociacion/al-zahara/archivo-de-documentacion/manifiesto-sobre-zonas-privadas-de-uso-publico-en-cordoba/134725.html>
- [6] Drift, N. F. (2019). Ecomodernizing infrastructures with nature-based solutions for urban resilience (resilient ecosystems). <https://www.semanticscholar.org/paper/Thematic-report-Ecomodernizing-infrastructures-with-Drift/29e7d33308575f31f05fc4de535412f17f3bc4db>
- [7] Hermoso de Mendoza, P., & Prunier, F. (2010). Plantas exóticas invasoras en el Guadalquivir: arbustos y árboles. Asociación de educación ambiental El Bosque Animado, 25-39.
- [8] John, H., Marrs, C., Neubert, M., et al. (2019). *Green Infrastructure Handbook - Conceptual and Theoretical Background, Terms and Definitions*. Interreg Central Europe Project MaGICLandscapes. Dresden, Alemania. <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes-Green-Infrastructure-Handbook.pdf>
- [9] Langergraber, G., Pucher, B., Simperler, L., Kissler, J., Katsou, E., Buehler, D., Garcia Mateo, M. C., Atanasova, N. (2020). Implementing nature-based solutions for creating a resourceful circular city. *Blue-Green Systems*, 2 (1): 173-185. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.933>
- [10] Langergraber, G., Castellar, J. A. C., Pucher, B., Baganz, G., Milosevic, D., Andreucci, M.-B., Kearney, K., Pineda-Martos, R., Atanasova, N. (2021a). A Framework for Addressing

- Circularity Challenges in Cities with Nature-Based Solutions. *Water*, 13 (17), 2355. <https://doi.org/10.3390/w13172355>
- [11] Langergraber, G., Castellar, J. A. C., Andersen, T. R. et al. (2021b). Towards a Cross-Sectoral View of Nature-Based Solutions for Enabling Circular Cities. *Water*, 13 (17), 2352. <https://doi.org/10.3390/w13172352>
- [12] Lands Design 5.6. (AutoCAD) (2021). <https://www.landsdesign.com>
- [13] Martín-Consuegra, E., Olivares-Pérez, D., & Pineda-Martos, R. (2022a). Nature-based Solutions in the “Santuario” Neighbourhood – an Urban Nature Lab in the City of Córdoba, Spain. 3rd International Scientific Conference on Ecological and Environmental Engineering. Poznan, Polonia.
- [14] Martín-Consuegra, E., Olivares-Pérez, D., & Pineda-Martos, R. (2022b). SantUrbLab – Implementing nature-based solutions in “Santuario” Neighbourhood. Coast to Coast Climate Challenge & The European Science Network “Circular City” - DONE. WHAT’S NEXT. Aarhus, Dinamarca.
- [15] Medio ambiente y movilidad. (2018). Compostaje Comunitario. Un Beneficio para la ciudad. Madrid. [https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Educacion\\_Ambiental/NuevaWeb/GUIA%20COMPOSTAJE%20COMUNITARIO.pdf](https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Educacion_Ambiental/NuevaWeb/GUIA%20COMPOSTAJE%20COMUNITARIO.pdf)
- [16] Ministerio de Fomento. (2001). Descripción urbanística de barrios vulnerables. Córdoba.
- [17] Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) y The Nature Conservancy (TNC). (2019). Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua en España. [https://www.miteco.gob.es/es/agua/formacion/soluciones-basadas-en-la-naturaleza\\_tcm30-496389.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/formacion/soluciones-basadas-en-la-naturaleza_tcm30-496389.pdf)
- [18] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Gobierno de España. (2022). Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras-Flora. [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce\\_eei\\_flora.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce_eei_flora.aspx)
- [19] Olivares Pérez, D. (2022) *Soluciones Basadas en la Naturaleza en las Zonas Verdes Privadas del Barrio de Santuario en Córdoba* [Trabajo Fin de Grado, Universidad de Córdoba]
- [20] Pineda-Martos, R., & Calheiros, C. S. C. (2021). Nature-Based Solutions in Cities—Contribution of the Portuguese National Association of Green Roofs to Urban Circularity. *Circular Economy and Sustainability*, 1, 1019-1035. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00070-9>
- [21] Pineda-Martos, R., Andreucci, M.-B., Atanasova, N., et al. (2022). How Nature-Based Solutions Can Contribute to Enhance Circularity in Cities. En C. Vasconcelos, & C.S. Calheiros, *Integrated Science* (pp. 313-343). Springer.



- [22] Salvo Tierra, A. E. (2021). ¿Qué es la IVU? *Monografía de la Asociación Multisectorial de Jardinería Andaluza, 1*.
- [23] Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Red de Aerobiología de Castilla-La Mancha (AEROCAM). (2022). *Polen Castilla-La Mancha*.  
<https://www.polencastillalamancha.com/especies>
- [24] Vaquero del Pino, C. (2011). Estudio de la Flora Alergógica de la Ciudad de Talavera de la Reina. Talavera de la Reina.