



Plan Director
de Arbolado

V 3. MANUALES

Córdoba

3.2. Manual de diseño de plantaciones y soluciones urbanísticas

Redacción:

Doctor Árbol

www.doctorarbol.com

Departamento de Planificación de Infraestructuras Verdes

Gerard Passola Parcerissa, Biólogo

Carmina Ramírez Yébenes, Bióloga

Susana Brosed Bolea, Paisajista

Gonzalo Sansa Aizcorbe, Ingeniero Técnico Agrícola

Octubre 2025

Diseño y maquetación:

Susana Brosed Bolea

Ilustraciones, planos:

Susana Brosed Bolea

Carmina Ramírez Yébenes

Coordinación:

Manuela Relaño Moyano

Ingeniera Agrónoma

Manuel Jurado Pontes

Ingeniero Agrónomo

Dpto. Parques y Jardines del Área de Infraestructuras

Ayuntamiento de Córdoba

Indice

V - 3. MANUALES

3.2. Manual de diseño de plantaciones y soluciones urbanísticas

1. ADAPTAR EL DISEÑO DE PLANTACIONES A LA COBERTURA OBJETIVO	06
1.1. Espacio de plantación	
1.2. Espacio aéreo disponible	
1.3. Estrategias de diseño de plantaciones	
2. PROBLEMÁTICAS DEL ARBOLADO EN ENTORNOS URBANOS	11
2.1. Falta de espacio disponible: Volumen de espacio útil	
2.2. Compactación	
2.3. Baja actividad microbiana	
2.4. Sustrato de plantación	
3. SOLUCIONES DE IMPLANTACIÓN	15
3.1. Diseño de alcorques: aumentar el tamaño del alcorque	
3.2. Introducción de alcorques en espacios alternativos al arbolado viario en aceras	
3.3. Sistemas para conseguir volumen de suelo colonizable	
4. SOLUCIONES COMPLEMENTARIAS	24
4.1. Tercer estrato de vegetación	
4.2. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)	
5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESPECIES	30
5.1. Principio de diversidad	
5.2. Adaptación al medio	
5.3. Cualidades biológicas	
5.4. Atributos estéticos	



Los **árboles de las calles** son los elementos urbanos que **más contribuyen al confort del espacio público** y deberían ser una de las partes principales que configuran el paisaje urbano, no sólo para hacerlo más **agradable**, sino para hacerlo **habitable**.

Plantear un diseño de plantaciones con espacios arbolados que contribuya en la mejora de la calidad estancial de las calles, fomentando su uso y disfrute, y que cree ambientes que favorezcan la salud, el bienestar colectivo y la habitabilidad general de la ciudad contribuirá a maximizar su **carácter multifuncional**, posibilitando una gran diversidad de usos.

ZONAS POTENCIALES DE PLANTACIÓN

Las **estrategias** probadas en diferentes ciudades para **ampliar los espacios** destinados a las **infraestructuras verdes** son bastante efectivas en barrios nuevos, pero siguen siendo **limitadas en áreas ya urbanizadas**, a menos que haya una **voluntad** de empezar a **limitar el espacio destinado al automóvil**, en el que se diseñe la calle como un espacio que va más allá de un lugar para mover y aparcar coches, y se destine a zonas ajardinadas o espacios de juego.

Así, el **diseño de plantaciones**, además de

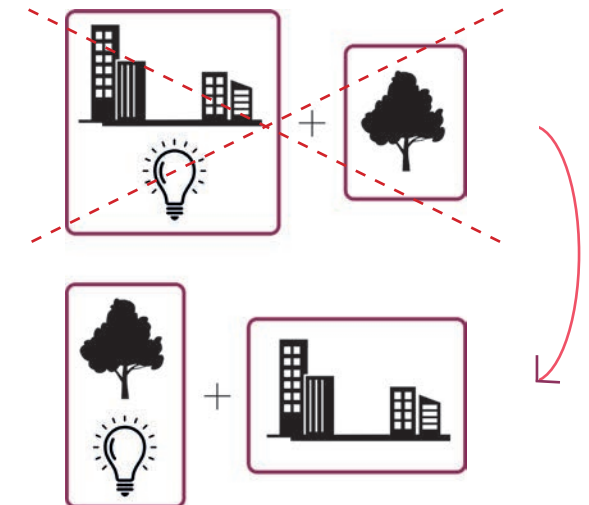
Las **estrategias probadas para ampliar los espacios destinados a las infraestructuras verdes son bastante efectivas en barrios nuevos, pero siguen siendo limitadas en áreas ya urbanizadas**

minimizar los conflictos aéreos y de servicios subterráneos para **asegurar unas plantaciones viables, funcionales y duraderas**, debería tener en cuenta propuestas que, acompañadas de una planificación urbana, se planteen la **reconquista o recuperación de los espacios ocupados por los automóviles**. La **supresión de ciertas plazas de aparcamiento, la reducción de las anchuras de la calzada o la peatonalización de algunas calles** serían algunos ejemplos, dependientes más de un **planeamiento urbanístico** o de **movilidad**.

En este capítulo se recogen **estrategias de diseño** que incorporan **nuevas técnicas, sistemas constructivos o modelos de plantación** que pueden **acompañar** la implementación del **Plan de Arbolado** y que no requieren de una gran transformación urbana, si no es factible su implementación.

Estas estrategias proponen **zonas potenciales de plantación** que **minimizan las interferencias** y que fomentan el **carácter multifuncional** de las plantaciones de arbolado urbano.

Las **necesidades del árbol** deberían ser el **eje** que oriente la planificación de las plantaciones e incluirlas como uno de los **condicionantes del proyecto desde el principio**, invirtiendo así el proceso tradicional de preguntarnos **qué podemos plantar una vez está todo diseñado**



Además, a menudo, un árbol en declive es eliminado porque supuestamente el árbol era el problema; sin embargo, en realidad, el **problema** era **el diseño del sitio, no el árbol**. El coste de reemplazar este árbol supone una inversión significativa, y puede suponer una pérdida de dinero y tiempo que podría haberse evitado con un diseño adecuado.

Los **espacios mal diseñados** (aquellos que carecen de suelo y espacio adecuados) generalmente requieren un **cuidado continuo y costoso** y, a menudo, una **renovación continua de los árboles**, aquejados de un reducido crecimiento, carencias nutricionales, atrofas y malformaciones radiculares o un envejecimiento prematuro.

Los **aspectos** que se han analizado en este manual incluyen diferentes soluciones para conseguir un **arbolado sano** que pueda alcanzar su **máximo potencial** y aportar el **máximo de beneficios, así como criterios para la selección de especies** más adecuadas:

1. Adaptar el diseño de plantaciones a la Cobertura Objetivo.
2. Problemáticas de los árboles en entornos urbanos.
3. Soluciones de implantación.
4. Criterios de selección de especies.
5. Listado de especies.



1. ADAPTAR EL DISEÑO DE PLANTACIONES A LA COBERTURA OBJETIVO

La importancia del verde urbano no depende de su existencia, dimensiones o morfología sino del cumplimiento **eficaz** de las **propuestas de diseño** del arbolado urbano.

Por tanto, la **correcta gestión y desarrollo** de dichas propuestas **garantizará el mayor número de beneficios** generados por parte del arbolado. Si bien es verdad que los árboles ofrecen un enorme abanico de beneficios a distintos niveles, es necesario **ir más allá** de un **urbanismo** que se limita a cumplir ratios de referencia y que **antepone la cantidad a la calidad**.

Hace falta, pues, sobrepasar el funcionalismo y la formalidad de los enfoques tradicionales y asumir una **visión holística** que prevea la variedad de escenarios y usuarios que puedan existir e interactuar.

No se trata pues de realizar tipificaciones a ultranza, sino de evaluar las potencialidades reales de las calles con el fin de **generalizar propuestas de diseño** con árboles para **contextos y escenarios particulares** de la ciudad.

Tal y como ya se ha avanzado, en muchas ocasiones no habría que adaptar la ubicación de un árbol X, de una especie X a un espacio prediseñado, sino **definir primero con qué especie y porte vamos a trabajar** para conseguir el **máximo de cobertura** y el **mínimo de interferencias**, y posteriormente **adaptar el diseño del espacio de plantación** específicamente para **ese árbol**.

En cuanto al coste y proporción del presu-

puesto destinado a plantaciones, desde los Planes de Plantaciones de diferentes ciudades de Estados Unidos, Europa y diferentes países, la valoración del **coste de plantación** es de un **90%** del coste destinado al **lugar de plantación** y un **10%** destinado al **coste de la planta**.

Es más importante dedicar **todos los recursos** en la **planificación de plantaciones**, diseño de los alcorques, decisiones del lugar de plantación, orientación de la calle, sustra-



tos, interferencias actuales y futuras, suelos estructurales... y **no tanto al número de árboles a plantar** en un marco de plantación definido.

Antes de proyectar el diseño de una plantación, hay diversos aspectos a considerar, que se exponen a continuación.

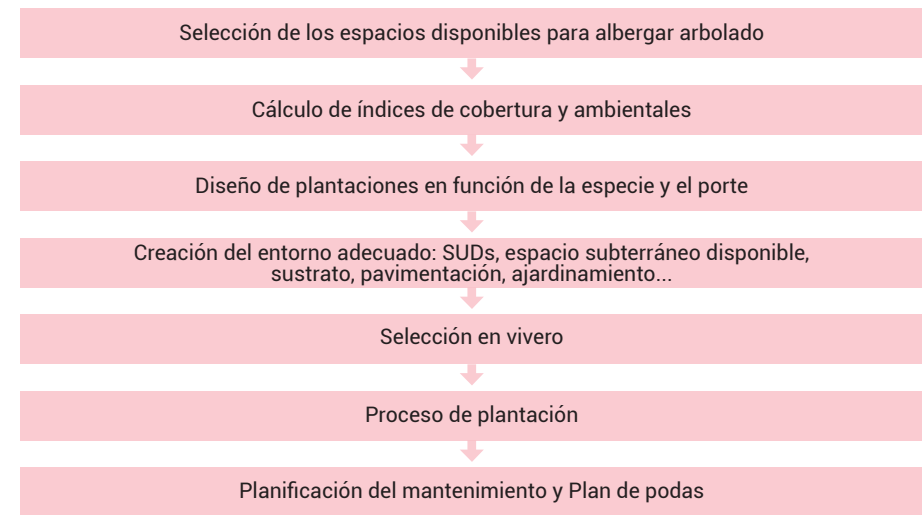
1.1. ESPACIO DE PLANTACIÓN

Deberíamos tener en cuenta que esta filosofía de diseño de plantaciones **no** implica únicamente definir una **plantación alineada y monoespecífica**, con marcos de plantación definidos y únicos, *adaptando el árbol al espacio prediseñado*, sino todo lo contrario: **primero se define la especie y el porte y después se adapta el diseño al espacio de plantación definido para conseguir el máximo de cobertura y el mínimo de interferencias.**

Así, se definirán lugares de plantación específicos para él, por lo que tendríamos que trabajar sobre todo en las aceras estrechas y espacios limitados, plantaciones en viales, en esquinas y cruces de calles.

Todo este proceso se debería realizar mediante el **estudio en campo** de la calle y las necesidades específicas de cada lugar.

Pasos a seguir según el **Urban Forestry**



1.2. ESPACIO AÉREO DISPONIBLE

Si analizamos el espacio aéreo disponible, es habitual que haya **interferencias** entre árboles y edificios o entre los mismos árboles, que alteran permanentemente la estructura futura del árbol.

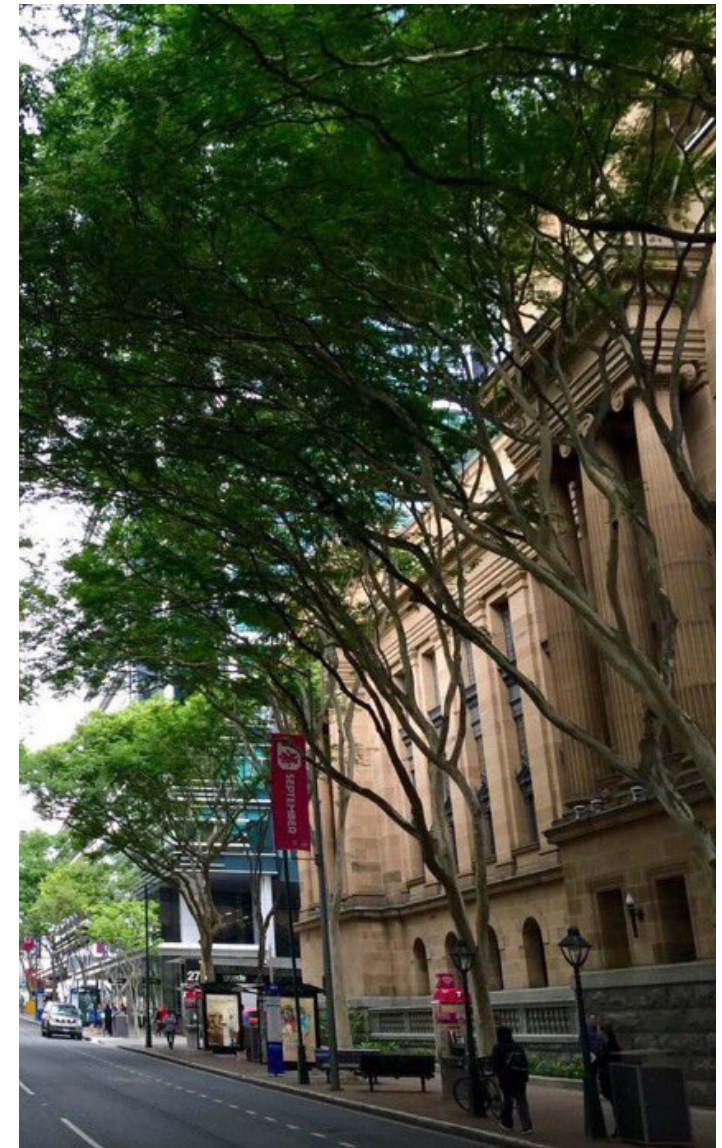
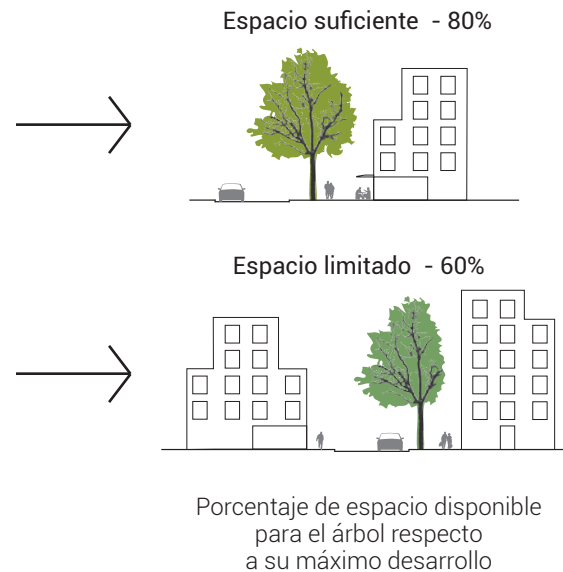
Por tanto, se requiere ir **acompañando** al árbol en su ubicación y minimizar estas interferencias a través de una **poda natural intervenida** o de una **poda de formación**.

Generalmente, el espacio que tiene un árbol urbano en viario puede ser:

- **Espacio suficiente:** espacio disponible suficiente para favorecer el desarrollo total de la especie pero con limitación de especies próximas, alineaciones... Requiere de **poda natural o poda natural intervenida**.

- **Espacio limitado:** espacio suficiente para el desarrollo de la especie pero con necesidades de poda de formación para delimitar su copa en el espacio aéreo. Es el caso, por ejemplo, del arbolado diario con interferencias de edificaciones en uno de los laterales de su copa. Requerirá de **poda natural intervenida**.

Interferencias Fachada-Balcón

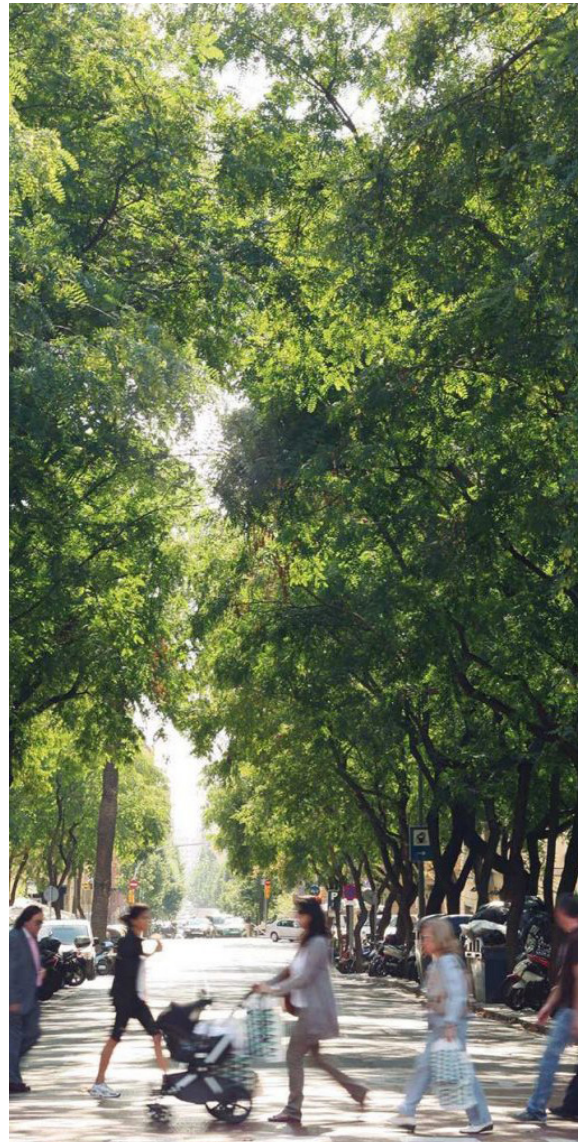




1.3. ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE PLANTACIONES

Por lo que se refiere a las estrategias de diseño de plantaciones, cada calle o espacio tiene una característica diferente y no se pueden realizar siguiendo métodos replicables, de manera que será preciso adaptarlas a cada caso particular.

Como se ha señalado, primero se definirá **la especie y el porte** más adecuados y **después se adaptará el diseño al espacio de plantación definido para conseguir el máximo de cobertura y el mínimo de interferencias aéreas.**



Como ejemplo, en una calle X con una acera de 4 metros de ancho, sería posible aplicar tres posibles estrategias, según fueran sus condicionantes, consiguiéndose diferentes porcentajes de cobertura con cada una de ellas:

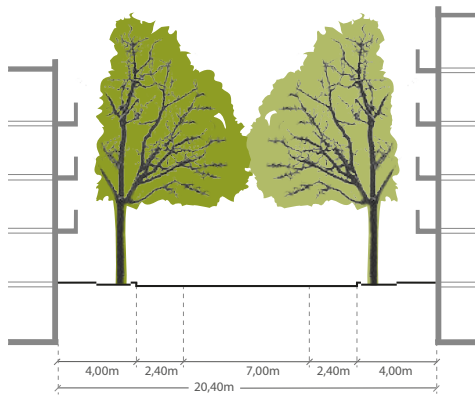
- **Estrategia 1:** posibilidad de plantar en las dos aceras arbolado de porte grande -> cobertura cercana al 100%.
- **Estrategia 2:** por la orientación de la calle, posibilidad de plantar arbolado de porte grande sólo en una de las aceras -> cobertura del 70%.
- **Estrategia 3:** debido a interferencias, posibilidad de plantar arbolado sólo en un lateral -> cobertura del 50%.

A continuación se muestran los tres tipos de estrategias y la cobertura que se conseguiría con cada una de ellas.

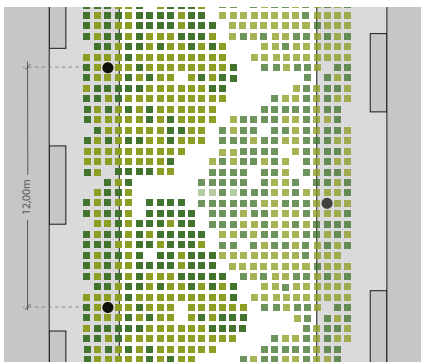
ESTRATEGIA 1

Conseguir una cobertura cercana al 100%

Calle donde se podrían plantar árboles de porte grande, los cuales pueden llegar a tener anchuras de copa de 6-8 m a nivel lateral. Se propone, también, alternar las plantaciones a tresbolillo con el fin de favorecer el desarrollo de la copa de los ejemplares al máximo:



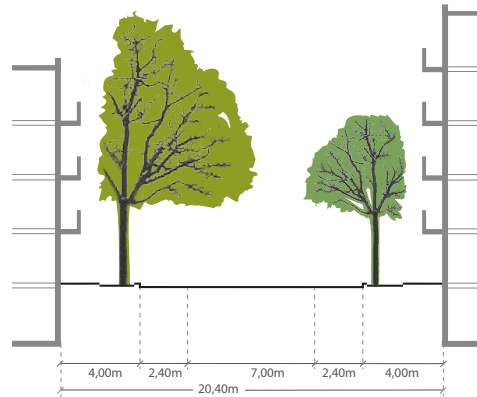
En este caso, el nivel de cobertura máximo sería muy cercano al 100%



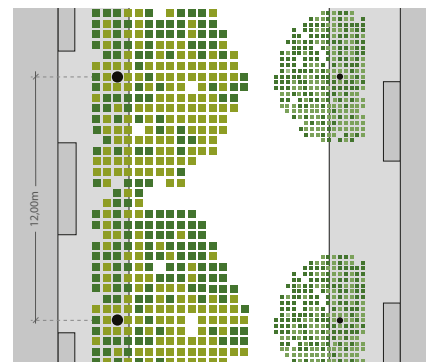
ESTRATEGIA 2

Conseguir una cobertura cercana al 70%

En el caso de que la orientación fuese diferente en cada una de las aceras y la acera derecha no permitiera el correcto desarrollo de una especie mayor, se podrían plantar árboles de diferente tamaño (porte pequeño en la acera derecha y grande en la izquierda):



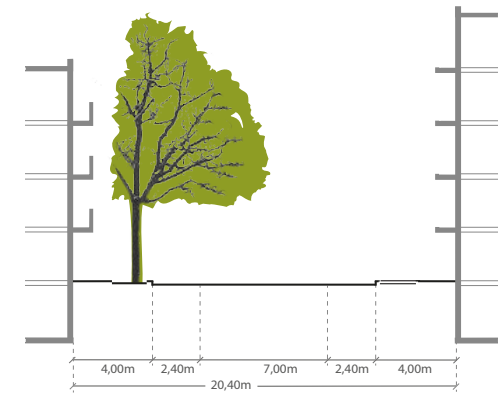
En este caso, el nivel de cobertura máximo sería muy cercano al 70%



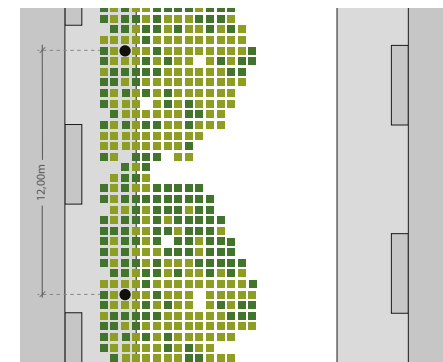
ESTRATEGIA 3

Conseguir una cobertura cercana al 50%

En el caso de que la acera derecha no admitiera plantación debido a motivos específicos (como, por ejemplo, interferencias aéreas), podemos plantar arbolado de porte grande en la acera izquierda, el cual nos generará unos elevados beneficios con un bajo mantenimiento:



En este caso, el nivel de cobertura máximo sería muy cercano al 50%





2. PROBLEMÁTICAS DEL ARBOLADO EN ENTORNOS URBANOS

Para un árbol joven, cuanto más propicias sean las condiciones para el desarrollo de sus raíces, mayor serán las oportunidades de que alcance una independencia exitosa y desarrolle todo su potencial sin comprometer las infraestructuras circundantes.

Tener un **buen sistema radical** le permitirá al árbol disponer de un buen **anclaje**, una buena **asimilación de oxígeno**, una adecuada **nutrición** y una correcta **hidratación**.

El proyecto de un nuevo viario o la reforma de un existente deben contemplar el **diseño del espacio subterráneo**, y debemos tener en cuenta que la mayoría de los **problemas del arbolado urbano** tienen un **origen edáfico**.

Las principales problemáticas a las que se enfrentan los árboles urbanos son la falta de volumen de suelo, suelos muy compactados o suelos pobres y desestructurados.

2.1. FALTA DE ESPACIO DISPONIBLE: Volumen de suelo útil

La capacidad de un árbol para crecer y mantenerse saludable depende en gran medida del **espacio disponible para las raíces**. Esto es particularmente evidente en áreas altamente urbanizadas donde existen muchos árboles en pequeños espacios de plantación con poca tierra disponible. Los árboles en esta situación tienden a tener una vida corta y la mayoría no son componentes funcionales de la infraestructura verde de una ciudad.

El **volumen radicular** es el que va a determinar las **dimensiones finales de la copa**. Por tanto, para poder generar una cobertura elevada con árboles que tengan copas grandes y sanas, la gestión del suelo es imprescindible.

Crear espacios que proporcionen a los árboles un volumen adecuado de suelo no solo garantizará una mejor salud de los árboles, sino que también **minimizará el daño** y prolongará la vida de las **superficies pavimentadas**.

¿Cuánto suelo necesitamos para plantar un gran árbol?

• PROFUNDIDAD

El árbol no requiere de grandes profundidades para establecerse con garantías, ya que el **desarrollo de las raíces** es **muy superficial** (se sitúan en los primeros 80cm, y la mayor parte están entre los 20 y 40 primeros centímetros).

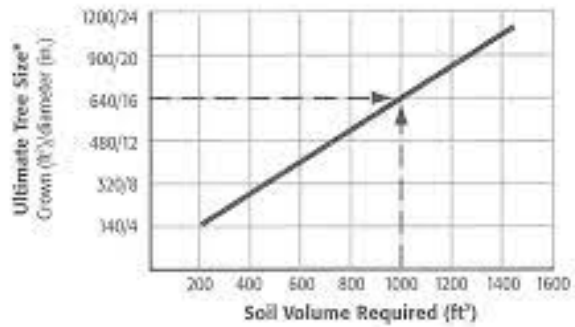
En todo caso, en las plantaciones de viario deberemos garantizar, independientemente del desarrollo de la especie elegida, una **profundidad mínima de tierra vegetal de 1m**.

• VOLUMEN

Sin duda, el volumen será el que realmente **condicionará el desarrollo y viabilidad futura** del árbol.

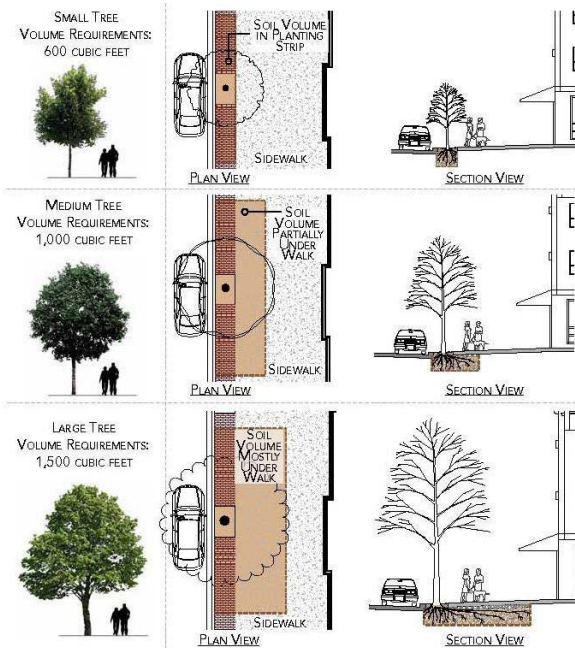
Algunos autores (James Urban, 1992) establecen una **relación** entre el **tamaño esperado del árbol** y el **volumen mínimo necesario de suelo**:

- Para un árbol maduro de **porte grande**, se necesitarían 25m³ de suelo.
- Para un árbol maduro de **porte medio**, se necesitarían 12m³ de suelo.
- Para un árbol maduro de **porte pequeño**, se necesitarían 7m³ de suelo.



© James Urban

Dimensiones mínimas que tendrían que tener, en una situación ideal, los alcorques para cada uno de los portes



© DDOT

Pero la propia concepción de un alcorque ya implica una limitación en el desarrollo radical, por lo que el **cálculo de estos volúmenes** se presuponen para un escenario ideal de zonas verdes, y resultan **inviabiles** para **arbolado viario**, y con pocas posibilidades de ser realmente aplicables en **entornos urbanizados**.

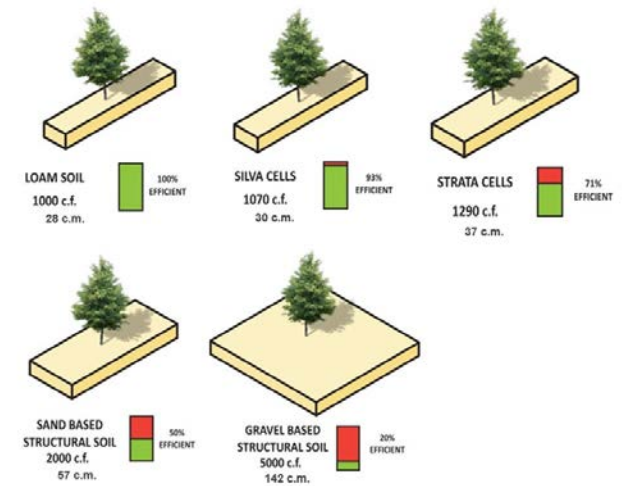
Así, el **volumen mínimo** de tierra útil, en un escenario real de **entornos urbanos**, sería el siguiente:

- Árboles pequeños: 3m³
- Árboles medianos: 8m³
- Árboles grandes: 15m³

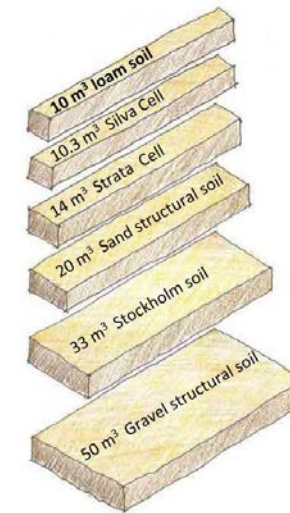
• EFICIENCIA DEL SUELO

Así mismo, otro aspecto que se tiene que tener en cuenta en los cálculos de volumen del suelo es que deben basarse en la **eficiencia del suelo** (suelo neto disponible), no sólo en su área o volumen, ya que ese volumen final necesario **variará** según sea su **tipología** (franco, estructural...). Ver figuras de la derecha.

En el capítulo 3.3. SISTEMAS PARA CONSEGUIR VOLUMEN DE SUELO COLONIZABLE se muestran en esquemas el volumen de suelo que sería necesario para cada una de las soluciones ofrecidas.



© James Urban



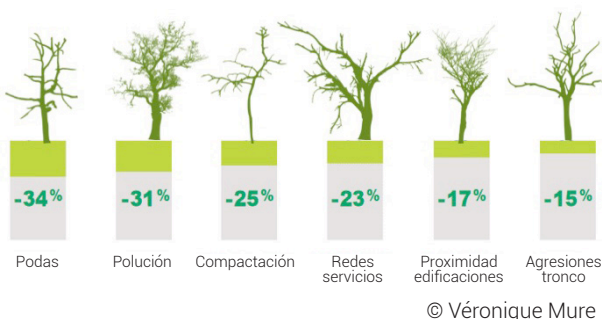
2.2. COMPACTACIÓN

• AUSENCIA DE OXÍGENO

Un suelo ideal para el crecimiento de las raíces es el que contiene un 50% de material sólido (minerales y materia orgánica) y un 50% de espacio vacío (aire y agua).

El **acceso de las raíces al oxígeno** es crucial. Es de sobras conocido que, al igual que otras plantas, los árboles requieren agua, nutrientes y algo de espacio para crecer. Lo que se desconoce a menudo es que la capacidad de los árboles de acceder a esos requerimientos está estrechamente ligada a la **aireación del suelo**. No importa cuán rico y húmedo sea un suelo, si no hay la suficiente proporción de poros, las raíces no serán capaces de absorberlos. Así, el oxígeno es fundamental en el *proceso de asimilación de la glucosa*.

Factores que influyen en la reducción de la esperanza de vida de los árboles en entornos urbanos



Bajo estas circunstancias, **dos escenarios** de tipo **mecánico** se dan a menudo:

- Si las raíces no pueden expandirse en el **suelo circundante**, continuarán **creciendo** en el hueco del **alcorque** hasta que **llenen el espacio disponible**, dando lugar a menudo a **atrofias radiculares, estrangulamientos o espiralizaciones**. Cuando las necesidades del árbol excedan la capacidad del suelo, la salud del árbol comenzará a disminuir y finalmente morirá antes de alcanzar su máxima capacidad. En general, los árboles en alcorques urbanos rara vez alcanzan su potencial de crecimiento completo, ya que sus posibilidades para crecer y prosperar están limitadas por la disponibilidad y la condición del espacio radical.

- **Levantamiento de aceras y/o daños a redes de servicios**. En áreas urbanas densas donde los suelos a menudo se compactan y son cubiertos por pavimento, el suelo tiene pocos huecos. Las raíces, al no poder penetrar en suelos muy compactados, se desarrollarán con frecuencia en el espacio entre el suelo compactado y el pavimento o a lo largo de tuberías, donde el aire y el agua están presentes. A medida que estas raíces crecen, levantan el pavimento y es lo que suele provocar levantamiento de aceras.

Un **tercer escenario** de tipo **biológico** provocado por una excesiva compactación serán situaciones de **hipoxia** (escaso oxígeno) o **anoxia** (ausencia total), lo que condicionará la distribución del sistema radical.

En un suelo no compactado, las raíces de un árbol maduro podrán extenderse más allá del doble del ancho de su copa, ya que los huecos entre partículas del suelo son abundantes, y éstos serán ocupados por el aire y el agua que el árbol necesita.

• DRENAJES INSUFICIENTES

La **compactación** no solo **destruye la porosidad** sino también la **permeabilidad** del suelo, lo que limita la infiltración de agua y el crecimiento de las raíces de los árboles.

De forma paralela, un drenaje insuficiente puede provocar la **asfixia de las raíces**, por falta de oxígeno. Un exceso de agua puede llegar a ser un elemento muy dañino para el árbol.

Deberían realizarse **pruebas de drenaje e infiltración**, y comprobarlo tanto a **nivel superficial** como de **subsuelo**.

Si el drenaje se encuentra limitado, se deberá crear una **evacuación artificial**.

2.3. BAJA ACTIVIDAD MICROBIANA

El suelo proporciona múltiples servicios (captura de CO², filtración, reciclaje de materia orgánica...), pero para ello debe albergar una **actividad microbiana funcional** que muchas veces se tiene poco en cuenta por ser poco conocida.

Los suelos tienen que estar **"vivos"**, con microorganismos que gestionen los minerales y los hagan biodisponibles para poder ser asimilados por los árboles.

En condiciones óptimas, esos **microorganismos** son los *seres vivos más importantes* y pueden representar hasta el 1% del volumen total del suelo del árbol urbano. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de **transformación** de las **características físicas y químicas de los suelos**.

En **entornos urbanos**, es habitual una **baja actividad microbiana reduce** la capacidad de **aprovechamiento de nutrientes** al tener el árbol una baja eficiencia fotosintética. Esto significa que la capacidad de **producción de biomasa**, y por tanto de **cobertura**, de los árboles se verá muy **limitada**.

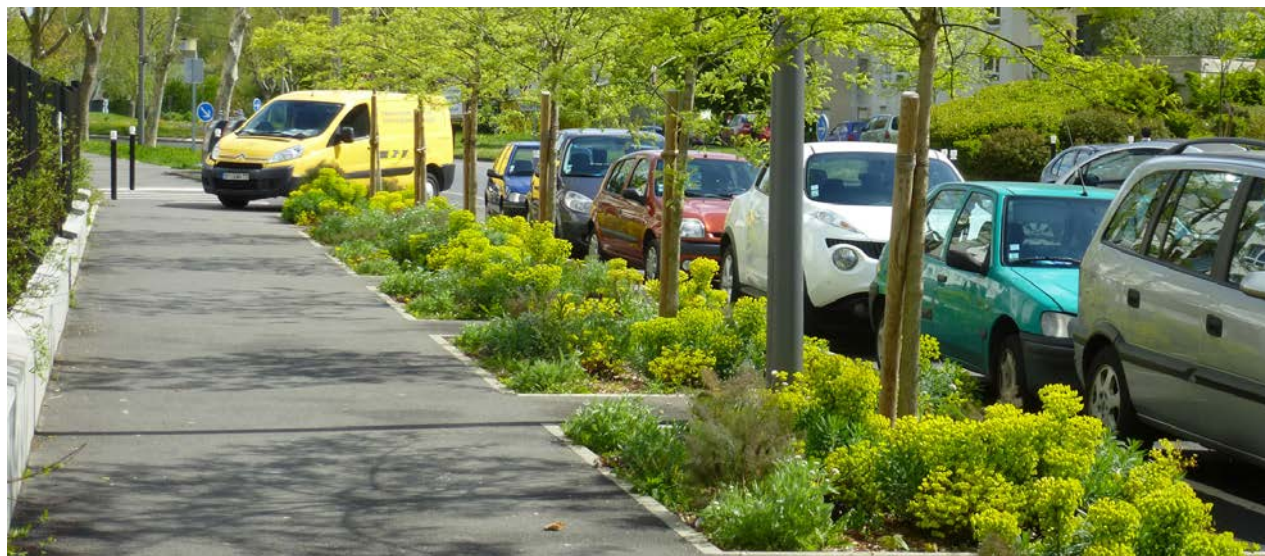
2.4. SUSTRATO DE PLANTACIÓN

Si nos planteamos mejorar la calidad de vida de los árboles, no solo deberemos ampliar su espacio vital, sino que también tendremos que conocer la **calidad del suelo** donde se asienta y **qué deberemos hacer para mejorarlo**, ya que la tierra vegetal condicionará el desarrollo del árbol durante muchos años. En especial, en los momentos más sensibles, como la fase de establecimiento y en su etapa juvenil.

Las **enmiendas** se realizarán solo cuando se conozca que existe una deficiencia. Las principales funciones de las enmiendas son: mejorar

la **textura** del suelo (para favorecer la aireación, el drenaje...), hacer que las **características** del suelo del cepellón y del alcorque sean parecidas y mejorar la **carga nutricional** (este tipo de enmiendas no suelen ser recomendables; en todo caso la cantidad máxima de materia orgánica que un suelo puede tener no debería superar el 10%).

Si no se tienen unas nociones mínimas de agronomía para poder comprender las limitaciones a las que está sometido el árbol y poder revertir la situación, se contará con un **especialista** que pueda ofrecer los conocimientos necesarios para enmendar y mejorar el sustrato de plantación.

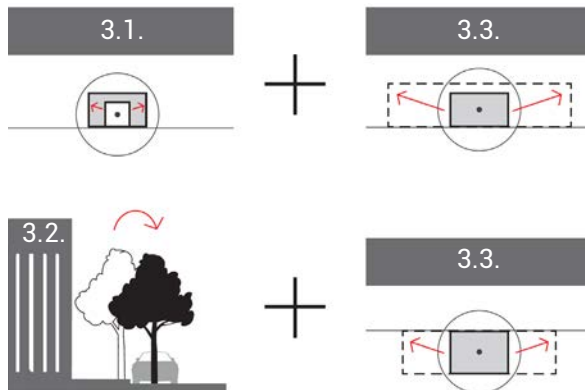




3. SOLUCIONES DE IMPLANTACIÓN

En este capítulo se ofrecen diferentes soluciones para solventar las dificultades que encontramos a la hora de implantar arbolado en entornos urbanos con poca disponibilidad de espacio.

Las medidas que se adopten para mejorar y aumentar el suelo bajo el pavimento (3.3.), son **complementarias** a las de **aumentar el tamaño del alcorque** (3.1.) o a las de **reubicar los alcorques en aceras estrechas** (3.2.), **no sustitutivas**



3.1. DISEÑO DE ALCORQUES: Aumentar el tamaño del alcorque

El alcorque es, en muchos casos, la única superficie no impermeabilizada de una calle. Por lo tanto, este espacio es fundamental para garantizar el intercambio de gases y la aportación de agua y nutrientes al árbol, que redundará en un óptimo desarrollo futuro del árbol.

Diseñar alcorques grandes es una decisión que debe contemplarse desde el inicio del proyecto de plantación.

Son numerosas las **ventajas** de dotar al árbol de un espacio de plantación más grande del diseñado tradicionalmente:

- **Aumenta la capacidad de infiltración de agua**, lo cual resulta beneficioso para el árbol, y aumenta la **resistencia a periodos de sequía**.
- **Es más sostenible**, ya que se utilizan menos recursos para aumentar el volumen de suelo y se reducen los conflictos con el pavimento.
- El desarrollo de la base del árbol cuando sea maduro se adaptará mejor y tendrá espacio suficiente para ello, **minimizando** futuras **malformaciones** del cuello, raíces o **daños en el pavimento**.

• CÁLCULOS MÍNIMOS DE VOLUMEN

La **referencia** que establece el **desarrollo basal** del árbol para calcular el lateral ancho del alcorque (diámetro de tronco del árbol adulto x 1,2) es **insuficiente**, y por lo tanto es necesario dar al árbol un espacio mucho mayor.

En todo caso, **no se recomiendan alcorques con un volumen inferior a 3 m³**

• FORMA

El diseño de **alcorques rectangulares** en la misma dirección de la calle puede redundar en conseguir espacios más generosos para las raíces.

Ya que el ancho estará casi siempre condicionado, la longitud podría tener dimensiones mucho mayores, siempre y cuando no se comprometan los pasos peatonales, los accesos a las filas de aparcamiento o a las paradas de autobús.

A continuación, se presentan diferentes estrategias para diseñar alcorques de mayor tamaño a los habituales:



3.1.1. SUPERALCORQUES

Los superalcorques suelen tener un volumen de suelo disponible de al menos **15 m³ por árbol**, pudiendo ser de hasta 50 m³.

En plazas o aceras muy anchas, es **preferible aumentar el espacio** para el desarrollo radicular en el que **se agrupen diferentes árboles a crear distintos alcorques, uno para cada árbol**. Se puede completar la plantación con un estrato de herbáceas o arbustivas,

Si existen **árboles previamente** a la intervención, **no es recomendable** excavar más allá del pavimento para generar superalcorques.



3.1.2. ALCORQUES BERLINESES

Este tipo de alcorques tienen, al menos, **3x3 metros**. En Berlín es habitual encontrar arbolado de alineación en grandes alcorques, de ahí el nombre de estos.

Permiten un **mayor desarrollo del árbol**, pueden servir como lugar estancial, generar espacios urbanos convivenciales y permiten la plantación de distintos estratos.

No es recomendable excavar más allá del pavimento para generar alcorques berlineses **si los árboles existen previamente** a la intervención.



3.1.3. CONEXIÓN ALCORQUES DOS A DOS

Para aumentar el tamaño de los alcorques sin perder ancho de acera sería realizar, allí donde sea factible, una variante de los alcorques rectangulares, **conectando dos o más alcorques entre sí**, minimizando así el sellado del suelo de la calle.

Se puede completar la plantación con un estrato de herbáceas o arbustivas, en el que dependiendo de la longitud del alcorque, es recomendable establecer **pequeños pasos peatonales** para evitar el pisoteo.

No es recomendable excavar más allá del pavimento para generar alcorques berlineses **si los árboles existen previamente** a la intervención.



3.1.4. ALCORQUES CORRIDOS

Un alcorque corrido es un **espacio verde longitudinal continuo** a lo largo de la calle.

Permite incorporar **mobiliario urbano**, y la plantación de arbustivas y herbáceas **aislan el espacio peatonal** del tráfico.

Es recomendable establecer **pequeños pasos peatonales** de cruce para evitar el pisoteo.

No es recomendable excavar más allá del pavimento para generar alcorques berlineses **si los árboles existen previamente** a la intervención.

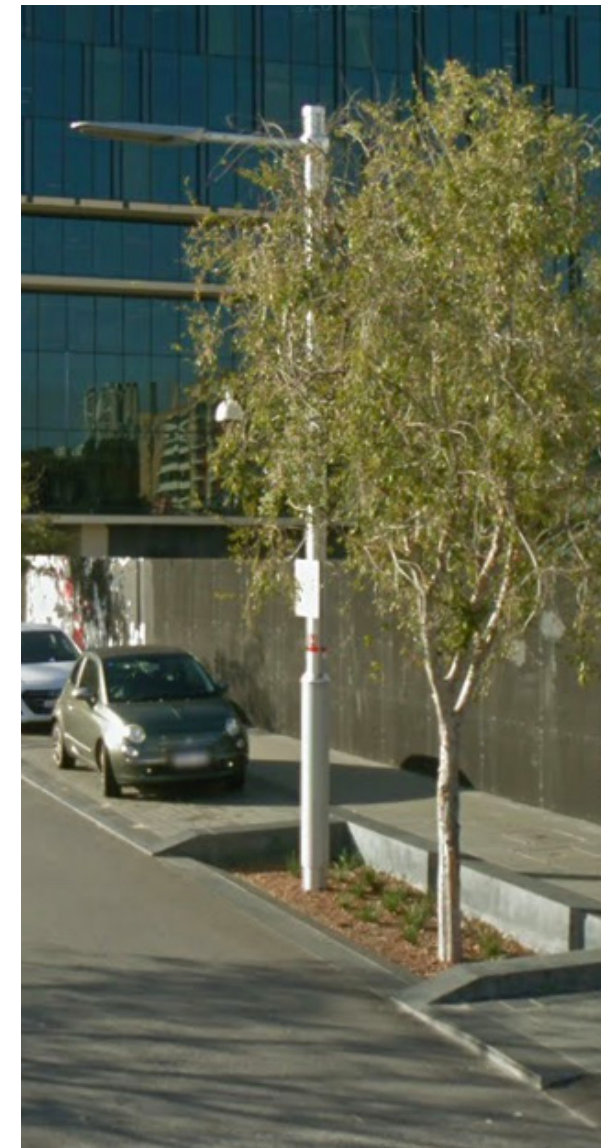


3.2. INTRODUCCIÓN DE ALCORQUES EN ESPACIOS ALTERNATIVOS AL ARBOLADO VIARIO EN ACERAS

Como ya se ha señalado, en el medio urbano, y especialmente en viario, es necesario establecer unas **dimensiones mínimas** que garanticen la correcta implantación del arbolado y favorezcan su máximo potencial.

INTERFERENCIAS

En **aceras estrechas**, para poder salvar las posibles interferencias a fachadas o pasos de PMR (personas con movilidad reducida), se podrá optar por **soluciones alternativas**, como pasar la línea de plantación a la línea de parking, o plantar en chaflanes, tal y como se expone a continuación.





3.2.1. SUSTITUCIÓN ALEATORIA DE PLAZAS DE PARKING POR ALCORQUES

En función del alcance de la intervención, se podrá aumentar el número de plazas a sustituir. La plantación se realizará en **isletas** debidamente construidas y **protegidas** para evitar que los vehículos puedan dañar al árbol, y deberían estar elevadas respecto a la rasante de la calzada para evitar la invasión de los alcorques por parte de los vehículos estacionados, aunque se pueda dejar algún **lateral o abertura** para permitir la **entrada del agua de lluvia**.

Idealmente, estas islas de plantación deberían dejar entre coche y coche una distancia mínima de 3,2 m, aunque podrían tener dimensiones menores si la supresión de plazas es un factor limitante.



3.2.2. PARKLETS

Los *parklets* son variaciones de la solución anterior, ya que suelen ocupar un **espacio mucho más grande** que una plaza de parking, y suelen tener otros elementos como **asientos, jardineras, pérgolas, estacionamientos para bicicletas o iluminación**.

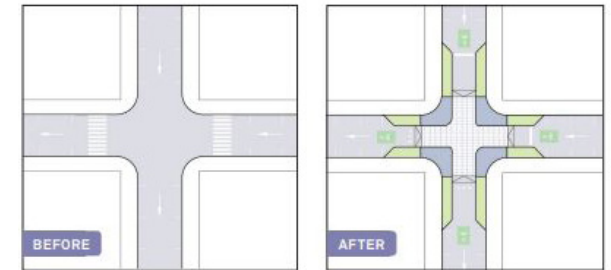
Pese al carácter efímero de muchos de ellos, podrían diseñarse para que se pueda plantar arbolado, y acompañarlo de un estrato bajo de vegetación que aisle del tráfico.

A veces, se ubican enfrente de **cafeterías y restaurantes** para acondicionar las terrazas en estos espacios, o de **colegios**.



3.2.3. AMPLIAR LOS CHAFLANES EN CRUCES DE CALLES

Si no hubiera espacio suficiente para ampliarlos, se podrá realizar una ampliación de la acera en el cruce de calles, teniendo en cuenta las obstrucciones visuales para mantener las **distancias mínimas de visibilidad**.



© NACTO



3.3. SISTEMAS PARA CONSEGUIR VOLUMEN DE SUELO COLONIZABLE

Para compatibilizar las exigencias de compactación de los pavimentos con las necesidades de los árboles se han desarrollado diversas técnicas de plantación que aumentan el volumen de suelo disponible para el árbol en entornos urbanos desfavorables (suelos compactados o espacios insuficientes).

Estos son sistemas diseñados para aumentar el volumen de suelo que pueden colonizar las raíces debajo del pavimento:

- 3.3.1. Franjas de plantación continuas
- 3.3.2. *Root paths*
- 3.3.3. Suelos estructurales
- 3.3.4. Celdas estructurales

La cantidad de suelo necesario fuera del alcorque varía significativamente de unas a otras, y se muestra en esquemas para cada una de ellas. En ellos se detalla la cantidad de suelo que se añade en el hoyo de plantación (3,25 m³, siempre la misma) + el suelo aportado fuera del mismo según sea el sistema elegido.

La elección de una u otra dependerá del pre-

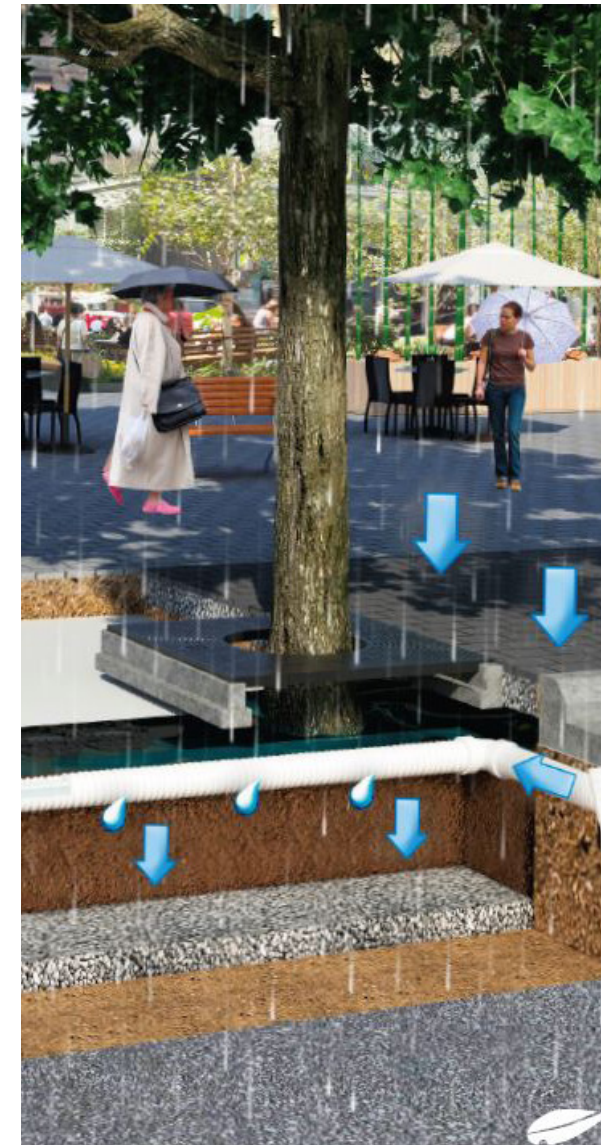
supuesto disponible, el tipo de pavimento, la especie del árbol y las condiciones del suelo existente y del drenaje.

Mejorar o aumentar la cantidad de suelo disponible bajo el pavimento de una acera es la parte más cara de un proyecto de plantación en un entorno urbano, y no siempre será necesario optar por una de estas medidas, ya que el suelo existente puede cumplir con los requerimientos mínimos para un buen desarrollo del árbol.

Algunas de las técnicas presentadas a continuación que mejoran la capacidad de carga de los sustratos y al mismo tiempo mantienen un índice de porosidad adecuado para los árboles, como las franjas de plantación o celdas estructurales, también ofrecen propiedades que facilitan la gestión de la escorrentía, a través de la retención o la infiltración del agua de lluvia. El suelo estructural, en cambio, al drenar muy rápido, limita el tiempo de retención.

Pero estos sistemas no se consideran estrictamente SUDs a pesar de tener un carácter multifuncional.

En el apartado 4.2. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE, se detallan los que podrían asociarse a la plantación de arbolado viario.



3.3.1. FRANJAS DE PLANTACIÓN CONTINUAS

Es un **espacio de plantación** para varios árboles a lo largo de una **franja continua**, que puede ser **vegetada** con arbustivas y herbáceas o **pavimentada** con materiales que favorezcan la permeabilidad (como pavimentos modulares). En el primer caso, deberán reservarse espacios pavimentados en los puntos de cruce y las paradas de transporte público, en los que se establecerán pequeñas zonas de paso. En el caso de calles que tengan filas de aparcamientos, se tendrá que incluir también una pequeña zona pavimentada de unos 0,60 m que permita el acceso hacia y desde los automóviles.

A través de esta zanja subterránea continua **se aumenta el volumen del suelo** para la **expansión de las raíces** de los árboles y la **retención de las aguas pluviales**.

Para ser efectiva, la zanja de plantación debería tener un **mínimo de 1,20 m**.

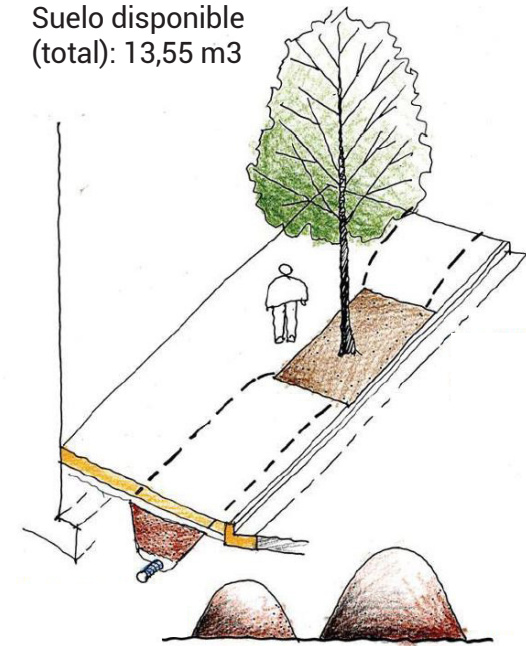
CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

- Una vez realizado, se debe proteger el suelo de la zanja de la compactación.
- Las franjas de plantación deben mantener una anchura de acera libre acorde con la normativa actual, que es de 1,50m.

La incorporación de plantaciones de arbustivas y herbáceas, además de sus **cualidades estéticas o ecológicas**, genera un **espacio confortable para el peatón al independizarlo del espacio destinado al tráfico**.



Suelo disponible (total): 13,55 m³



Hoyo de plantación: 3,25 m³ Fuera del alcorque: 10,3 m³

© James Urban



3.3.2. ROOT PATHS

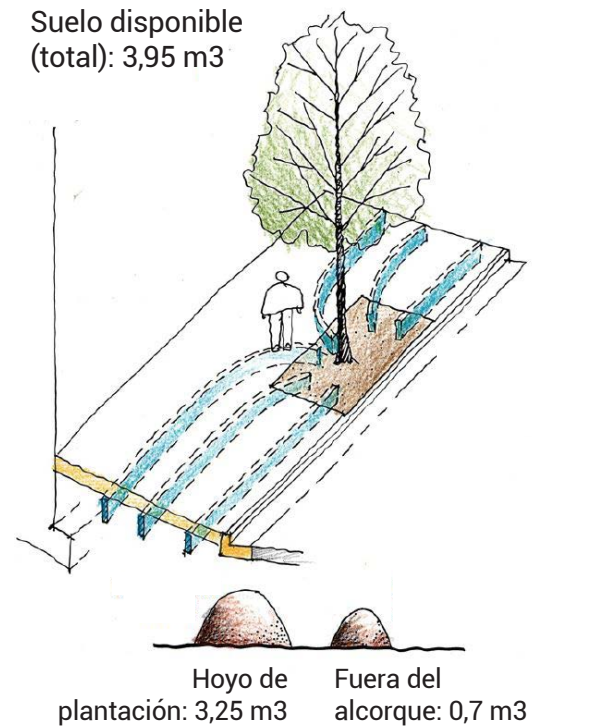
Los *root paths* son **zanjas estrechas** que **facilitan a las raíces su desarrollo** y crecimiento fuera del hoyo de plantación, para que puedan **acceder más fácilmente a suelos con mejores condiciones**.

Suelen ser de aproximadamente 10cm de ancho y 30cm de profundidad, y se construyen encima de una subbase compactada antes de añadir la capa de grava para el pavimento.

Se pueden instalar:

- En **nuevas plantaciones** en zonas donde las raíces deban ser guiadas a lo largo de las redes de servicios en **sitios restringidos y con poco espacio**.
- Como una medida para mejorar las condiciones de **árboles maduros** de gran valor.
- Para la **conexión del árbol** con zonas próximas, aunque no inmediatamente colindantes, normalmente **zonas verdes**. La idea es facilitar el camino de las raíces hacia esas zonas de expansión, y alejarlas de bordillos y las zonas más compactadas.

La estabilidad futura del árbol debería tenerse en cuenta cuando se adopten estas soluciones.



© James Urban



3.3.3. SUELOS ESTRUCTURALES

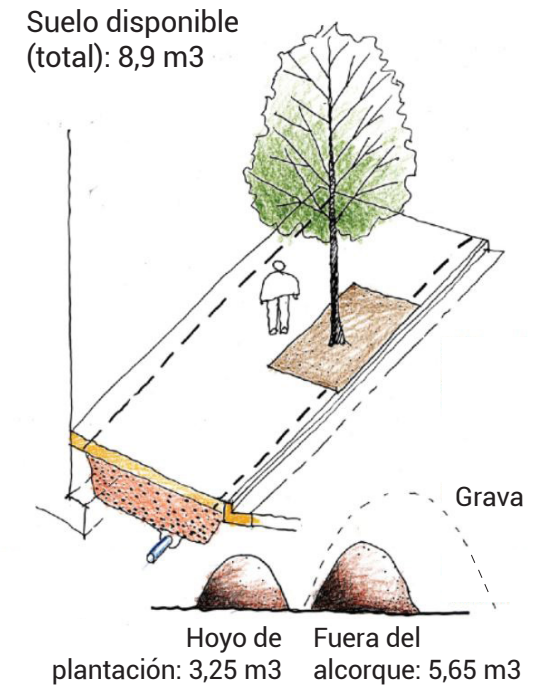
Los suelos estructurales están diseñados para **admitir la compactación** necesaria para las áreas pavimentadas y generar al mismo tiempo un **medio** que permita el desarrollo y crecimiento sano de las raíces, por sus propiedades de **fertilidad, porosidad y permeabilidad**. El suelo estructural se puede compactar para cumplir con los requisitos de carga de vehículos.

Conservando los espacios libres que permiten la disponibilidad de oxígeno y agua, aseguramos una buena infiltración con una moderada capacidad de desagüe. Para conseguir estas propiedades, un suelo estructural debería tener la **siguiente composición**:

- **80% de grava**, que deberá ser de origen granítico, de entre 20 a 40mm sin finos, y de aristas vivas.
- **20% de tierra vegetal** de textura franco-arcilloso y un contenido de **materia orgánica del 5%**.
- Polímeros hidroretenedores (**hidrogel en un 3%**), que facilitarán la disponibilidad de agua a las raíces del árbol, dada la elevada tasa de infiltración de este sustrato, evitarán la separación durante la mezcla de grava y tierra, y la mantendrán en el tiempo.

El suelo estructural está **limitado** en la **cantidad de suelo** que se puede proporcionar debido a la gran cantidad de roca que contiene, y las limitaciones en la disponibilidad de suelo franco arcilloso y el uso de piedra caliza con el aumento del pH tienen desventajas en algunas regiones y requiere que se comprenda la **disponibilidad del tipo de suelo y la geología** de una región en particular.

Probablemente la mayor **ventaja** del suelo estructural es que, como material de relleno suelto, puede rellenar **formas irregulares** donde las células estructurales estarían limitadas por sus dimensiones. Su **desventaja** es que en climas mediterráneos, puede ser más sensible a la sequía por su baja capacidad de retención de agua.



© James Urban



3.3.4. CELDAS ESTRUCTURALES

Las celdas estructurales se componen de **módulos de plástico o de hormigón** capaces de generar suficiente resistencia como para **soportar un pavimento suspendido**. El sistema de suspensión, a través de una red de pilares, soporta el peso y las fuerzas del pavimento de arriba y **permite que el suelo de abajo permanezca sin compactar**, favoreciendo el desarrollo de las raíces de los árboles, y filtrando la escorrentía de aguas pluviales. El césped, los adoquines o los pavimentos permeables son apropiados para usar con este sistema.

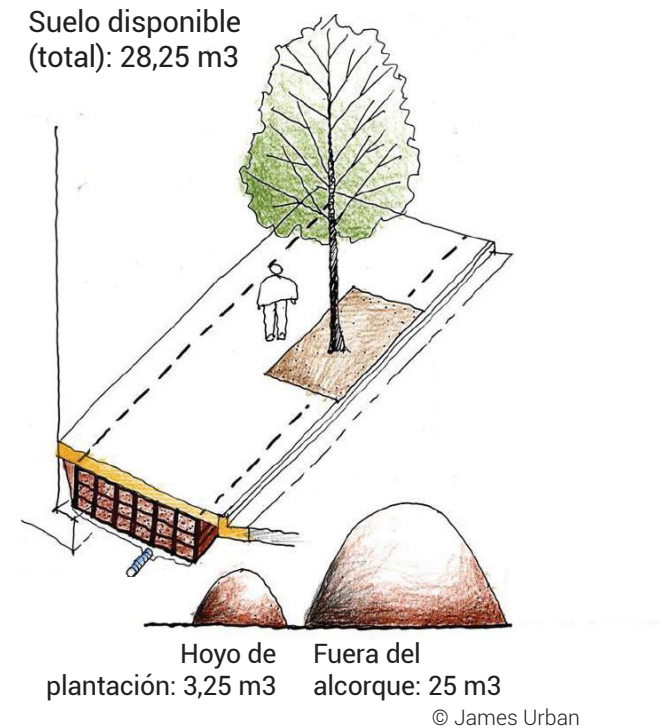
Dependiendo de las necesidades y del diseño, las celdas estructurales podrán soportar cargas superficiales variables, incluidas las vehiculares.

Este sistema permite la **acumulación y almacenamiento del agua de lluvia**, y la **biorremediación**, ya que la gran cantidad de suelo necesario, junto con las raíces y la biota filtrarán las aguas pluviales, eliminando rastros de químicos dañinos, incluidos metales, compuestos orgánicos y combustibles.

Dado que el pavimento suspendido se asienta sobre una subbase, si ésta es impermeable y tiende a acumular agua, habría que instalar un sistema de drenaje.

Las **redes de servicios** se pueden instalar a través de los sistemas de pavimento suspendido, y deberán protegerse de la penetración de raíces.

La ventaja de este sistema frente al suelo estructural es que el **espacio disponible para el árbol es mucho mayor** y que no requiere compactar la tierra vegetal. La desventaja es su **elevado coste**, tanto por las celdas como por la cantidad de suelo necesaria.



4. SOLUCIONES COMPLEMENTARIAS

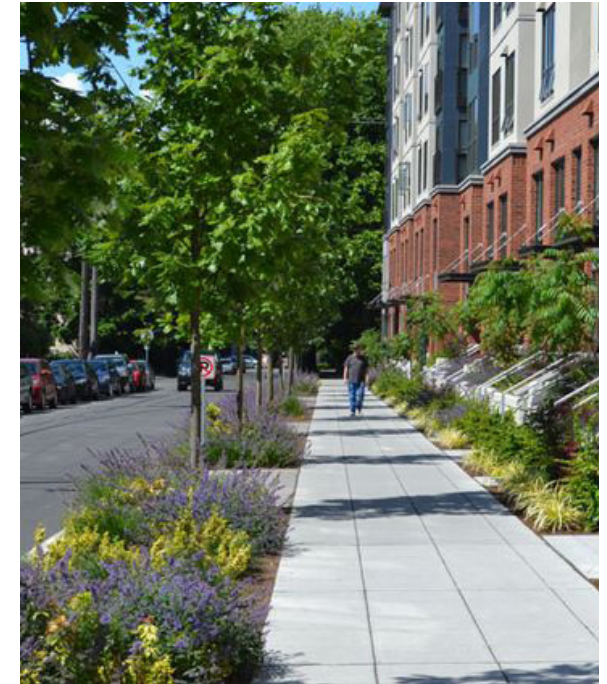
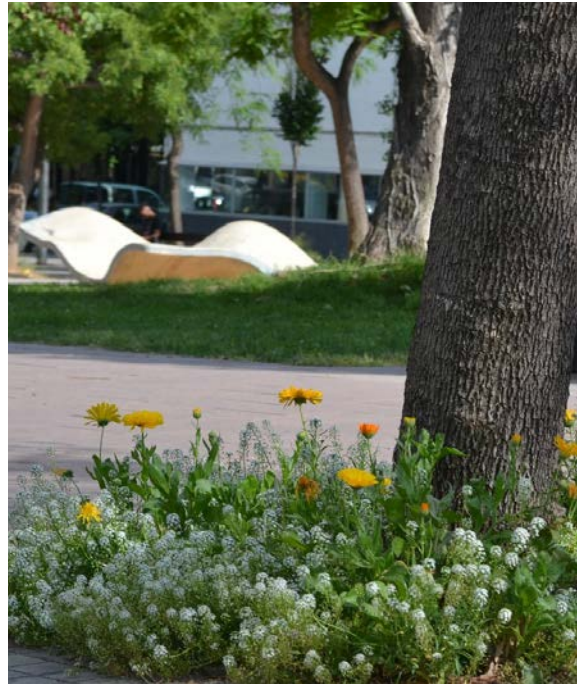
De manera complementaria, existen otras medidas que pueden sumarse a las ya indicadas para mejorar las condiciones de desarrollo del arbolado urbano, como la **incorporación de plantaciones de arbustivas y herbáceas**, que además de sus cualidades estéticas o ecológicas, puede generar un espacio confortable para el peatón al independizarlo del tráfico.

La otra medida sería la **incorporación de SUDS** como gestión del agua de lluvia.

4.1. TERCER ESTRATO DE VEGETACIÓN

La introducción de un estrato vegetal puede contribuir a **aumentar el atractivo de los alcorques** durante la época de floración, además de **subsana**r, como se ha detallado anteriormente, algunos **problemas**, o **aumentar la biodiversidad**:

- La plantación de arbustivas y vivaces puede **evitar la compactación** de la tierra vegetal y corregir los problemas de estructura del terreno que suelen presentar los alcorques sin vegetación.



- La **siembra de especies silvestres** puede suponer reservorios para el refugio de **fauna auxiliar** útil en el control biológico de plagas del arbolado, así como fomentar la aparición de **polinizadores**.

- Una cubierta herbácea y sus microorganismos asociados, puede favorecer en la generación de un **suelo vivo**, que revertirá en la mejora de la salud del sistema radicular del arbolado.





4.2. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Durante mucho tiempo, la gestión del ciclo del agua de lluvia en las ciudades no ha estado vinculada a su funcionamiento natural, y se ha organizado en torno a una lógica de **recogida, evacuación y tratamiento fuera del lugar de precipitación**. Además, con un proceso de urbanización en aumento en el que las superficies impermeables suelen dominar los núcleos urbanos, los sistemas de alcantarillado existentes a menudo son inadecuados para recoger las grandes avenidas.

Así, las **superficies impermeables** y los **suelos compactados** en áreas urbanas suponen **desafíos** no sólo para los **gestores de aguas pluviales**, que ven cómo *se limitan las cuencas fluviales y la recarga de los acuíferos*. También para los del **arbolado urbano**, al *difícultar la infiltración de la escorrentía en el suelo* e impedir un adecuado equilibrio hídrico del árbol al no poder disponer de ese agua para hidratarse por sí mismo.

EL ÁRBOL AL SERVICIO DE UNA GESTIÓN ECOLÓGICA DEL AGUA DE LLUVIA

Una forma de abordar estos problemas, brin-

dando una **solución** para ambos, es diseñar zonas de plantación de árboles que incorporen **SUDS** (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible), técnicas que *'imitan' los sistemas naturales*: **incrementan la infiltración, capturan el agua y favorecen su retención**. Este enfoque gestiona las aguas en el mismo lugar donde se producen.

Los SUDs se basan en **dos aspectos** sobre todo:

- **Minimizar áreas impermeabilizadas.**
- **Redireccionar las aguas pluviales**, a través de su contención y ralentización del índice de escorrentía, favoreciendo la infiltración.

Para gestionar las aguas pluviales, tradicionalmente las ciudades han empleado una serie de medidas que no han aprovechado los beneficios ambientales que pueden brindar los árboles para reducir la presión sobre los sistemas existentes y aumentar su capacidad.

El **arbolado** puede jugar un **papel fundamental** en la gestión y la recuperación del agua de lluvia en zonas urbanas. Cuando se incluyen como parte integrante de un sistema de drenaje urbano sostenible (SUDS), los árboles pueden **favorecer la infiltración, retención y tratamiento del agua de lluvia**, reduciendo la sobrecarga de las redes de alcantarillado:

- La **copa** de los árboles intercepta temporalmente parte de la lluvia, y también libera agua a la atmósfera.
- Las **raíces** de los árboles y la hojarasca crean las condiciones en el suelo que promueven la infiltración del agua de lluvia.
- A través de sus raíces pueden frenar y almacenar temporalmente la escorrentía, y reducir los contaminantes al ser absorbidos por las mismas.

Para que un árbol urbano tenga éxito y capacidad para absorber las aguas pluviales, la **permeabilidad** del suelo y la **tasa de infiltración** son fundamentales.

La implementación de estas técnicas requiere de **cálculos** de capacidad de retención/infiltración **precisos** y del diseño de un sistema constructivo de recogida y evacuación del agua. Sólo así estos sistemas podrán ofrecer la **multifuncionalidad deseada**.

Además, los sistemas urbanos de drenaje asociados a los árboles **pueden no ser aplicables en todas las situaciones**: cuando existen altas concentraciones de contaminantes, suelos muy rocosos, niveles freáticos a menos de un metro de la superficie, suelos con un drenaje limitado o pendientes extremas pueden no ser adecuados para tasas de infiltración importantes.

TIPOLOGÍAS:

A continuación, se detallan **tres tipologías de SUDS**, y las dos primeras están asociadas al **arbolado urbano en viario**.

La elección de una u otra tipología dependerá de:

- **La capacidad de infiltración del suelo** (nivel de permeabilidad).
- **Espacio disponible** tanto en el espacio aéreo (a nivel de la acera) como en el subterráneo (red de servicios, tuberías...).
- **Los objetivos** que se quieran conseguir: nivel de atenuación de la escorrentía, de retención, infiltración o tratamiento de las aguas contaminadas.
- **El presupuesto**.

4.2.1. PAVIMENTOS PERMEABLES

Las zonas o barrios de las ciudades donde abundan las superficies impermeables tienen una **temperatura** significativamente **mayor** que los que cuentan con mayor ocupación de superficies permeables (zonas verdes, suelo desnudo o pavimentos permeables).

Los pavimentos permeables **aumentan la infiltración y reducen la escorrentía** del agua de lluvia, lo que permite que ésta esté **dispo-**

nible para que la use el árbol. Un pavimento permeable tiene una red de vacíos o espacios que permiten el paso del agua.

En ocasiones se incluye una **capa de gravas** que proporciona **almacenamiento temporal** mientras las aguas pluviales se infiltran en el subsuelo.

Cuando se combina con otros sistemas de drenaje como el suelo estructural, el pavimento suspendido y los alcorques de infiltración, el volumen de escorrentía que se infiltra en el sistema puede aumentar significativamente y maximizar el crecimiento de los árboles.

BENEFICIOS:

- **Infiltración:** se reduce la superficie impermeable y el agua de lluvia entra al suelo directamente evitando la sobrecarga de las redes.
- **Reducción de la escorrentía.**
- **Filtración:** algunos pavimentos permeables eventualmente acumulan una película de biomasa que reduce naturalmente las trazas de hidrocarburos, nitrógeno y otros contaminantes biodegradables. lentamente filtradas por el suelo.





- **Lucha contra el efecto de Isla de calor:** las superficies permeables disminuyen la fuerte radiación solar de los pavimentos minerales, proporcionando confort climático en verano.
- **Reducción** de fenómenos como la **sequía**, ya que la escorrentía que se infiltra permite proporcionar un suministro de agua a las plantas y microorganismos presentes en el suelo.
- **Ayuda a los árboles a crecer**, ya que aumenta la cantidad de agua oxigenada que ingresa directamente a la zona de raíces, mejorando la salud del árbol.
- **Reciclaje:** muchos adoquines y pavimentos modulares se fabrican con materiales reciclados.
- **Reducción del encharcamiento**, debido a que el agua drena libremente a través del pavimento, y es menos probable que se acumule en la superficie del mismo.
- **Eliminación de la monotonía del paisaje urbano**, ya que a menudo las superficies permeables están vegetalizadas y acercan la presencia del verde en la ciudad, y a su vez ofrece multitud de **hábitats para las especies animales**.
- **Reducción del riesgo de empobrecimiento y destrucción del suelo**, por la presencia de microorganismos.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

- **No se recomienda la arena como relleno de juntas**, ya que es un medio de cultivo que favorecerá la aparición de moho, musgo u otro tipo de vegetación que puede hacer que la superficie se vuelva impermeable.
- Un error común del pavimento permeable es la acumulación de sedimentos durante la construcción. Hay que asegurarse de que el **área de construcción circundante esté completamente terminada** antes de colocar pavimentos permeables.



4.2.2. ALCORQUES DE BIORETENCIÓN

Los alcorques de bioretención son similares a los alcorques tradicionales, salvo que tienen un **mayor espacio de crecimiento**, están **interconectados** y **reciben y tratan la escorrentía** contaminada procedente de zonas de tráfico rodado. Están diseñados para **aumentar la infiltración** a través de entradas y superficies permeables. Los árboles transpiran agua, lo cual reduce la cantidad de agua que ingresa a los sistemas de gestión de escorrentía construidos.

En función del nivel de permeabilidad del suelo, podrán también ser alcorques de infiltración.

BENEFICIOS:

- **Reducción de la escorrentía:** gestiona las aguas pluviales. La conexión entre los alcorques y la integración de otros sistemas de gestión de aguas pluviales grises y verdes reduce la escorrentía y aumenta la cantidad de aguas pluviales gestionadas.
- **Ayuda a los árboles a crecer.** Los pozos de árboles de aguas pluviales tienen un volumen de suelo adicional y espacio para crecer, riego regular y drenaje mejorado. En comparación con la mayoría de los alcorques tradicionales, proporcionan un entorno de crecimiento me-

orado para los árboles.

- **Biorremediación.** El suelo, las raíces y la biota del suelo filtran las aguas pluviales, eliminando rastros de químicos dañinos, incluidos metales, compuestos orgánicos, combustibles y solventes.
- Los alcorques de infiltración son útiles en la **mejora del paisaje urbano** cuando los suelos existentes están muy compactados o son pobres y el espacio subterráneo es limitado.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

- **Una selección de especies adecuada** es fundamental para la supervivencia del arbolado futuro, ya que estos alcorques tienen una acumulación temporal de agua.
- Dirigir la escorrentía hacia el alcorque con nivelaciones, entradas y superficies permeables puede maximizar la infiltración y reducir la escorrentía de aguas pluviales.
- Para gestionar la escorrentía de aguas pluviales, se necesitan **franjas contiguas** de alcorques interconectadas **con otra infraestructura verde y/o gris**.
- **El diseño y cálculo** de los desbordamientos y la cantidad de agua a retener requiere de un **especialista en SUDS**.



4.2.3. JARDINES DE LLUVIA

Los jardines de lluvia gestionan **escorrentías poco contaminadas de cubiertas y zonas peatonales**. Suelen estar configuradas como **pequeñas depresiones ajardinadas**, cuyo objetivo es reconducir el agua superficial hacia ellas para que se vaya infiltrando en el terreno poco a poco.

Estas depresiones, y las capas debajo de la superficie permiten una **evacuación parcial o total del agua en un sistema de drenaje** subterráneo, que posteriormente deriva a la red el agua restante no infiltrada.

BENEFICIOS:

- **Reducción de la escorrentía:** los jardines de lluvia pueden absorber la mayor parte del aporte de agua lluvia, ya que contribuyen a su **infiltración**. Esto protege la calidad del agua y reduce la escorrentía del agua superficial.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

- Un jardín de lluvia típico tiene entre **15 a 20 centímetros de profundidad**. La berma debe estar a nivel para que el escurrimiento de aguas pluviales se extienda de manera uniforme.

- La selección de **plantas** tendrá que tener en cuenta la **tolerancia** de las mismas a los **suelos húmedos**.





5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESPECIES

Muchos de los **problemas** que se observan en el arbolado viario tienen su origen en una **inadecuada elección de la especie** y esto comporta a menudo conflictos y un elevado coste de mantenimiento.

Se detallan a continuación los criterios que deberían tenerse en cuenta a la hora de seleccionar las especies:

5.1. PRINCIPIO DE DIVERSIDAD

A la hora de seleccionar una especie para un espacio determinado, **respetar el principio de diversidad** no significa renunciar a la idea de plantar varios árboles de la misma especie uno junto al otro para estructurar y homogeneizar el paisaje urbano.

El principio de diversidad es **compatible** con las **plantaciones monoespecíficas** más tradicionales, y según el entorno o el contexto se podrán introducir **pequeñas variaciones**: por ejemplo, las plantaciones regulares se podrían ubicar en los grandes ejes y avenidas, y en un tejido más residencial o en espacios con gran

valor simbólico, se podrían combinar especies diferentes o alternar una distribución no simétrica a ambos lados de la calle.

5.2. ADAPTACIÓN AL MEDIO

Es fundamental conocer las **características ambientales** que será **capaz de soportar** la especie elegida, limitaciones que tienen que ver sobre todo con su **adaptación** a las condiciones de la zona donde deberá establecerse:

- **Climáticas**: temperatura (zonas de rusticidad y zonas de calor) y precipitaciones. También se tendrán en cuenta las variaciones microclimáticas relacionadas con la presencia de edificaciones y la orientación de la calle.
- **Edafológicos**. Los **suelos** tienen que estar **"vivos"**, con microorganismos que gestionen los minerales y los hagan biodisponibles para poder ser asimilados por los árboles.

5.3. CUALIDADES BIOLÓGICAS

Deberán conocerse las características biológicas propias de la especie:

- **Características básicas**: la forma del árbol, sus hojas, sus flores y su fructificación. Atributos que pueden ser en ocasiones una limitación (frutos carnosos, espinas, propiedades alergógenas...).

- **Fenología**: la evolución de la especie a lo largo de las estaciones.
- **Desarrollo**. Será importante conocer el desarrollo y tamaño que alcanzará en diferentes periodos de tiempo, tanto en altura como en ancho de copa (a los 10, 20 y 50 años).
- **Arquitectura de su estructura**, es decir, a la forma de la copa en su porte natural, cualidad que conjuntamente con la densidad de las hojas nos dará información sobre la forma y densidad de su sombra.

5.4. ATRIBUTOS ESTÉTICOS

El árbol, como parte fundamental del paisaje urbano, debería aportar también **cualidades ornamentales**; y deberíamos estudiar su vinculación estética con la calle objeto de proyecto:

- **El uso del color**, regido más por la **armonía** que por el contraste, ya que pocas veces funcionan combinaciones muy contrastadas. Deberá hacerse especial hincapié en su armonización con el **entorno arquitectónico**, aspecto muchas veces olvidado.
- **La textura**, tanto de hojas como de otros elementos como cortezas, ramas...
- **La forma**. Una combinación de formas diferentes, en su justa medida, puede gran aportar interés.
- **La estacionalidad**, sobre todo de las frondosas caducifolias.

