

# Manual técnico de gestión del arbolado urbano de Guayaquil

## Contenido

1.	ARBOLADO URBANO. CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS .....	5
1.1.	CONSIDERACIONES NECESARIAS PARA EL ARBOLADO URBANO.....	6
1.1.1.	Consideraciones de seguridad.....	6
1.1.2.	Consideraciones medioambientales.....	6
1.1.3.	Consideraciones paisajísticas y urbanísticas .....	7
1.1.4.	Otras consideraciones .....	7
1.2.	FUNDAMENTOS DE GESTIÓN EN EL ARBOLADO URBANO .....	7
1.3.	CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	11
1.3.1.	Evaluación de las condiciones del lugar .....	11
2.	ADECUACIÓN DEL ARBOLADO.....	14
2.1.	FUNDAMENTOS DEL ÁRBOL EN ENTORNOS URBANOS.....	14
2.1.1.	Características anatómicas y morfológicas.....	15
2.2.	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO .....	20
2.3.	MEJORA DE LOS ESPACIOS DE PLANTACIÓN .....	20
2.3.1.	Pavimentos permeables .....	21
2.3.2.	Sistemas urbanos de drenaje sostenible.....	21
2.3.3.	Sistemas de cajas con suelos estructurales.....	22
2.3.4.	Sistemas de soporte de pavimento .....	22
2.4.	ADAPTACIÓN DEL ARBOLADO AL ESPACIO .....	23
3.	IMPLANTACIÓN DEL ARBOLADO .....	25
3.1.	DIRECTRICES DE CALIDAD DEL ARBOLADO URBANO .....	25
3.1.1.	Control y criterios de aceptación o rechazo .....	26
3.1.2.	Condiciones específicas de calidad.....	27
3.2.	CATEGORIZACIÓN COMERCIAL DEL ARBOLADO.....	29
3.2.1.	Definición del árbol en proyecto.....	30
3.2.2.	Clasificación según sus dimensiones.....	31
3.2.3.	Clasificación según su presentación .....	32
3.2.4.	Clasificación según su formación .....	34
3.3.	TÉCNICAS DE PLANTACIÓN.....	35
3.3.1.	Manejo del arbolado .....	35
3.3.2.	Trabajos de plantación .....	37

3.3.3.	Plantación de palmeras.....	43
3.3.4.	Trabajos complementarios .....	44
3.3.5.	Época de plantación .....	47
4.	MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL ARBOLADO .....	49
4.1.	SISTEMA DE INSPECCIÓN DEL ARBOLADO.....	49
4.1.1.	Gestión del riesgo del arbolado .....	49
4.1.2.	Tipología de caídas en árboles .....	50
4.1.3.	Componentes del riesgo .....	50
4.2.	LA PODA DEL ARBOLADO .....	53
4.2.1.	Objetivos de la poda .....	54
4.2.2.	Herramientas de poda.....	54
4.2.3.	Equipos de acceso .....	55
4.2.4.	Inspección técnica de poda.....	56
4.2.5.	Eliminación de ramas .....	57
5.	EL TRASPLANTE DEL ARBOLADO .....	60
5.1.	ÉPOCA DEL AÑO .....	61
5.2.	TRABAJOS PREVIOS DE PLANIFICACIÓN.....	61
5.3.	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS Y SANEAMIENTO .....	61
5.4.	DIMENSIONES DEL CEPELLÓN.....	62
5.5.	LABORES DE TRASPLANTE.....	62
5.6.	FORMACIÓN DEL CEPELLÓN.....	63
5.7.	TRASLADO.....	64
5.8.	LABORES DE PLANTACIÓN.....	64
5.9.	MANTENIMIENTO .....	65
6.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL ARBOLADO .....	67
6.1.	DAÑOS EN EL ÁRBOL URBANO.....	67
6.1.1.	Información a los operarios .....	69
6.2.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN DEL ARBOLADO .....	69
6.3.	ÁREAS DE PROTECCIÓN DEL ARBOLADO.....	77
6.4.	RETIRADA DE MEDIDAS.....	83
7.	FIN DE CICLO DEL ARBOLADO .....	84
7.1.	PROCESO DE RENOVACIÓN DEL ARBOLADO .....	84
7.2.	REUTILIZACIÓN DE RESTOS DE ARBOLADO.....	84

7.2.1.	Limpieza y retirada de restos de poda.....	85
7.2.2.	Selección retirada y traslado .....	85
7.2.3.	Compostaje .....	85

## 1. ARBOLADO URBANO. CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS

Las particularidades y limitaciones del entorno urbano impiden el desarrollo óptimo de los árboles. Por dicho motivo se hace necesario establecer unas condiciones mínimas para su desarrollo y unos criterios estandarizados de selección que eviten problemas futuros de difícil subsanación en su gestión.

Los objetivos de un proyecto de plantación arbolado viario están sometidos, por otra parte, a los condicionantes climáticos y edáficos del lugar de plantación y, por otra parte, a los condicionantes urbanísticos, pero, en último término, resultan de la intención paisajística y ambiental del proyectista.

Los objetivos que se pretenden lograr deberán predefinirse y ordenarse según su prioridad en cada caso particular. Son los siguientes:

### Mejora de la calidad ambiental del medio urbano:

- ✓ Moderando los extremos climáticos como temperatura y precipitación.
- ✓ Aislando térmicamente.
- ✓ Proyección de sombra en las calles.
- ✓ Protección con agentes climáticos como viento y lluvia.
- ✓ Reducción de ruido con la creación de pantallas acústicas.
- ✓ Disminución de la contaminación atmosférica (fijación de polvo y de partículas contaminantes).
- ✓ Aumentar el sumidero de CO<sub>2</sub>.
- ✓ Incremento de la permeabilidad del suelo
- ✓ Regulación de la reverberación térmica y lumínica provocada por los edificios.
- ✓ Reducción del consumo energético de hogares y centros de trabajo.

### Mejora de la calidad ecológica del medio urbano:

- ✓ Potenciar la biodiversidad urbana, especialmente a partir de la fauna asociada a los árboles o creando corredores biológicos.

### Mejora la calidad de vida y social en el medio urbano:

- ✓ Efecto psicológico de la presencia de zonas verdes y de árboles.
- ✓ Mejora de la salud de las personas y de su bienestar.
- ✓ Aporta la escala humana a la ciudad.
- ✓ Mejora de la percepción del paisaje urbano.
- ✓ Favorece la conexión psicológica de las personas que viven en la ciudad con la naturaleza.
- ✓ Creación de espacios de encuentro favoreciendo la cohesión social.

## Mejora de la calidad paisajística:

- ✓ Conecta los espacios verdes y crea una red de corredores verdes urbanos.
- ✓ Integrar visual y paisajísticamente las infraestructuras viarias.
- ✓ Disminución de los conflictos entre arbolado viario e infraestructuras.

### 1.1. CONSIDERACIONES NECESARIAS PARA EL ARBOLADO URBANO

Para establecer con suficientes garantías el arbolado urbano es imprescindible, dada la limitación del espacio y la participación de numerosos actores, tener presente las siguientes consideraciones.

#### 1.1.1. Consideraciones de seguridad

La plantación de árboles en la vía pública debe generar el menor riesgo posible a los usuarios y a los bienes inmuebles que puedan estar en su entorno.

Deberán cumplirse los siguientes criterios de seguridad:

- Garantizar la seguridad viaria.
- Permitir la visibilidad del conductor.
- Diseñar el espacio urbano en consideración con las edificaciones.
- Considerar las necesarias labores de mantenimiento.
- Se deberán evitar especies vegetales que comprometan la seguridad de los peatones.
- Deberá prevenirse el posible acceso a viviendas y oficinas de las plantas bajas a través de las ramas bajas de los árboles.
- Selección de especies, en consideración a desarrollo futuro.

#### 1.1.2. Consideraciones medioambientales

En el proyecto, la ejecución y el mantenimiento del arbolado viario, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones medioambientales:

- Especies adecuadas adaptadas a la zona.
- Especies seleccionadas para las condiciones microclimáticas.
- Sistema de riego con criterios de optimización del consumo de agua.
- Máxima eficiencia de recursos.
- Minimización de la contaminación de acuíferos.
- Selección de especies con reducidos niveles de fertilización.
- Previsión en la adaptación debida al cambio climático.

### 1.1.3. Consideraciones paisajísticas y urbanísticas

La utilización de vegetación en un proyecto de arbolado viario debe perseguir algunos de los siguientes criterios paisajísticos y urbanísticos:

- Refuerzo de aspectos funcionales e infraestructurales de las vías.
- Caracterización específica del lugar y de puntos particulares.
- Uso volumétrico de las masas de plantación como refuerzo y contraste de los volúmenes de las edificaciones.
- Incorporación de la evolución estacional.
- Creación de microclimas.

### 1.1.4. Otras consideraciones

Como condicionantes deben tenerse en cuenta los siguientes:

- Condicionantes urbanísticos.
- Condicionantes legales.
- Condicionantes municipales.
- Condicionantes patrimoniales.
- Condicionantes de gestión.

## 1.2. FUNDAMENTOS DE GESTIÓN EN EL ARBOLADO URBANO

A la hora de gestionar el patrimonio arbóreo de las ciudades no es conveniente dar una importancia excesiva al número de árboles que posee una ciudad en sus calles sin considerar otros factores. De hecho, este factor puede llegar a ser contraproducente, tanto para el propio árbol como para el ciudadano. Hace que prime la cantidad frente a la calidad. El número de árboles debe ser el razonable; en relación con la estructura de la vía, su uso, el tipo de especie empleada e innumerables condicionantes más, tal y como veremos en los siguientes capítulos.

Si no se tiene en consideración todo ello, es cuando comienzan los problemas. Una situación, por cierto, de compleja solución. Al no existir espacio suficiente, los árboles compiten entre ellos mismos, su elevada densidad provoca problemas de interferencias con las fachadas, el tránsito de vehículos, la iluminación, etc. que deriva en podas masivas. A partir de ahí, la historia se repite, los árboles se fracturan, se caen y se crea cierta alarma social. Lo que nuevamente repercute en el más débil: el árbol.

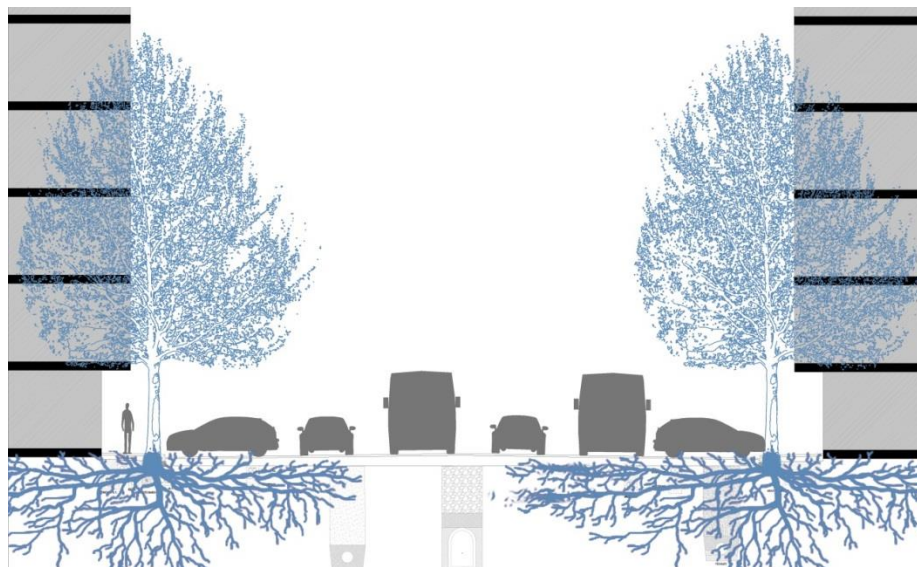


Ilustración 1: Limitaciones de crecimiento en el entorno urbano.

Indudablemente, es relevante el número de árboles que porta una ciudad dado que ofrecen protección y evidentes beneficios medioambientales, paisajísticos y psicológicos. Pero es necesario estudiar la capacidad de acogida que poseen los diferentes espacios urbanos.

Por lo tanto, debemos evitar el empleo de grandes ejemplares allí donde no hay espacio suficiente, reducir las distancias de plantación o introducir grupos numerosos lo que impide que el árbol se pueda desarrollar adecuadamente. Es necesario no olvidar que el objetivo debe ser crear ciudades con un arbolado de calidad, ahora y en el futuro.

Se hace necesario buscar, tanto en los viales de nueva creación como aquellos ya establecidos, la cadencia óptima. Es decir, la distancia que permite al árbol el desarrollo de su estructura natural, propia de su especie o cultivar, sin necesidad de intervención (o con un nivel bajo) manteniendo una cobertura adecuada. Para conseguir esos objetivos se deberán seleccionar las especies y cultivares (además de por sus criterios paisajísticos y prácticos) por su arquitectura y tamaño, ajustando los marcos de plantación al espacio disponible.

Las nuevas obras no pueden convertirse en una oportunidad para el incremento del número de ejemplares. Disponiendo dobles alineaciones donde anteriormente solo había una, incorporando ejemplares en medio de los ya establecidos o acortando las distancias de los alcorques. Como ya hemos comentado, todas estas acciones (muy habituales) perjudicarán a corto plazo el desarrollo y la calidad del arbolado urbano.

Sin lugar a dudas, la simple aplicación de estos criterios redundará en un aumento en la mejora del arbolado viario y en un paisaje urbano más



valioso, y, como efecto secundario, una reducción del riesgo de nuestros árboles. Pero a pesar de todos estos beneficios, establecer esta cadencia óptima implica cierto sacrificio. En ocasiones estaremos obligados a una reducción del número de ejemplares en nuestras calles. Algo no siempre bien visto por una buena parte de ciudadanos bien intencionados, que en ocasiones puede hacer difícil poner en marcha estas mejoras. Sin ninguna duda se debe demandar más espacio para el arbolado urbano, tanto en su parte área como subterránea. Pero tengamos en consideración que el volumen del arbolado viario debe ser siempre proporcionado al lugar y función que se le otorgue en cada momento si queremos que sea un referente de belleza y seguridad en la ciudad.

Un árbol de gran tamaño generará mayores beneficios, siempre y cuando se pueda desarrollar adecuadamente.

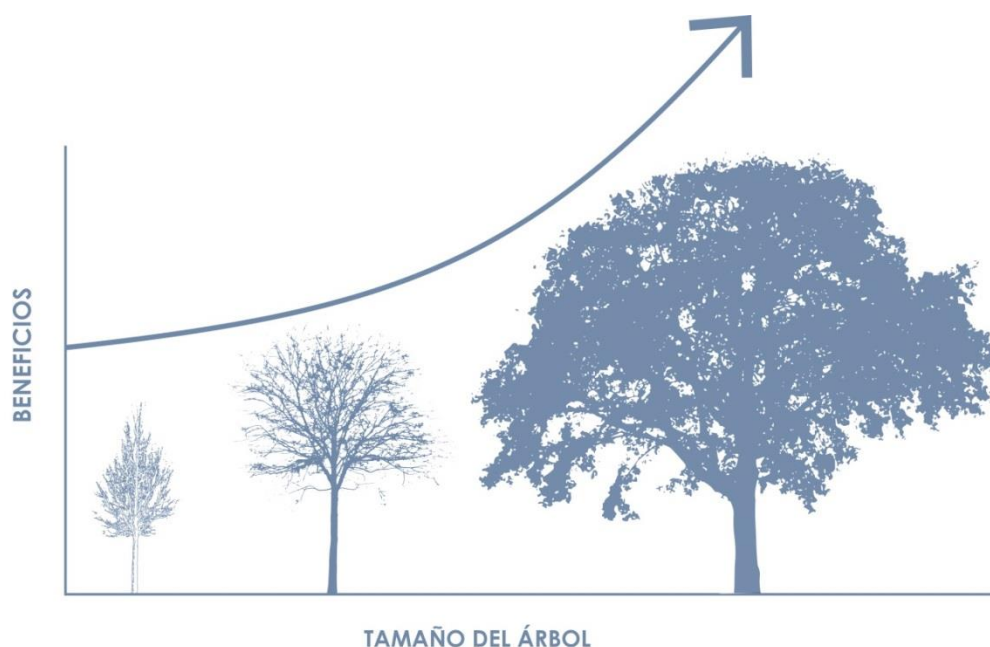


Ilustración 2: Un árbol de gran tamaño genera más beneficios que un árbol joven.

No cabe duda que los árboles en la ciudad, y en particular la presencia del arbolado viario, constituyen un reto para planificadores y gestores urbanos a la par que supone un desafío vital para el propio árbol.

Una ciudad siempre presenta una gran complejidad, la gestión del arbolado urbano, debido a las innumerables interferencias que existen y el reducido tamaño del que disponen.

A pesar de ello, se debe conseguir a medio plazo; a través de modificaciones en los planes de gestión, en una mejor selección y cambios en el diseño de las calles, que su patrimonio arbóreo se encuentre lo menos intervenido posible.

El objetivo será erradicar, o al menos, reducir considerablemente los trabajos de poda. Para ello, en las propuestas de nuevos árboles se deberá tener en consideración la “**no intervención**”, potenciando las formas naturales y preparando al árbol para el lugar al que va destinado.

Por lo tanto, es básico que todos aquellos que trabajamos con los árboles recordemos cuatro conceptos fundamentales que en ocasiones son ignorados:

- Los árboles son un elemento vivo y, por lo tanto, en constante evolución.
- Esta evolución puede ir alterando el concepto inicial y creando problemas de convivencia si no existe un adecuado conocimiento de las especies.
- Deberá ser el técnico el que proponga la especie más adecuada para cada lugar, atendiendo a las necesidades de los usuarios, los condicionantes del entorno y sus cualidades estéticas.
- A la vez, se tendrá en cuenta, cuál será su desarrollo a medio y largo plazo; así como las necesidades agronómicas y espaciales que demandará la especie elegida.

Un razonado estudio permitirá que disfrutemos de árboles no alterados. Para conseguir que muestren su apariencia natural es necesario tener las siguientes consideraciones:

- **Estudio de interferencias.** Análisis del paisaje, calidad de la arquitectura, ventanas, luminarias, tránsito de vehículos, galibo, circulación peatonal, existencia de señales de tráfico o paradas de autobús, etc.
- **Diseño del viario.** Se deberá analizar con todo detalle el tamaño de la calle. El estudio de las aceras donde se defina la banda dinámica y la banda estática, si la hubiera, el tamaño de los alcorques y la distancia entre ellos, las características del tráfico rodado, retranqueos en edificaciones y pasos de peatones.
- **Condiciones ambientales,** particularmente de la calle analizada. Con especial hincapié en el estudio de la exposición, temperatura y vientos dominantes.
  - **Correcta selección de especies y cultivares.** Se deberá realizar la selección teniendo en consideración características propias de la especie como son la velocidad de crecimiento y su forma.

### 1.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN

En el proceso de selección de las especies y cultivares para un proyecto de plantación de arbolado viario o en una sustitución de árboles viarios, debe llevarse a cabo una serie de evaluaciones de las condiciones del lugar para obtener una pre-selección de especies y cultivares adecuados para la zona de plantación. A partir de esta pre-selección y una vez evaluados los condicionantes urbanos y de gestión, así como las necesidades proyectuales, debe llegarse a una selección de la especie. Finalmente, una vez valorada la disponibilidad en el mercado en el momento previsto de plantación, teniendo en cuenta el presupuesto disponible, debe llegarse a la elección final de las especies y cultivares del proyecto o de la replantación o reposición de marras.

Respecto a esta selección de especies y cultivares en un proyecto de arbolado viario los objetivos serán los siguientes:

- ✓ Garantizar que se obtengan los efectos determinados en el proyecto o en la replantación.
- ✓ Minimizar las molestias y los daños a los ciudadanos y a los bienes que los árboles puedan ocasionar en un futuro.
- ✓ Reducir los costes de mantenimiento.
- ✓ Mantener el patrimonio arbóreo de la población en un estado fitosanitario, estructural y estético adecuados.

Podría existir cierta tendencia bien intencionada a la selección de especies autóctonas con la finalidad de potenciar la flora local. Si bien este suele ser un error dado que muchas de las especies que crecen en el entorno de las ciudades no suelen estar adaptadas a las condiciones medioambientales de las grandes urbes. Por otra parte, el empleo de cultivares con cualidades mejoradas (crecimientos moderados, esterilidad, portes estrechos, mejores cualidades ornamentales, etc.) las hacen más adecuadas para su establecimiento en las calles evitando (o al menos reduciendo) los conflictos.

#### 1.3.1. Evaluación de las condiciones del lugar

El uso de especies que se ajusten a las condiciones climáticas y edáficas del lugar es una de las claves para la propia supervivencia de los árboles y las palmeras a largo plazo. El conocimiento del origen de las plantas y el conocimiento de su comportamiento en el lugar o en zonas próximas o de condiciones parecidas también da indicaciones sobre su adaptabilidad a las condiciones locales.

El resultado de la evaluación de las condiciones del lugar, juntamente con los criterios de selección eco-fisiológicos de las distintas especies y cultivares de árboles y palmeras y los criterios geográficos debe proporcionar la

información necesaria para realizar una primera pre-selección de las especies y cultivares más adecuadas al ámbito geográfico de que se trate (municipio, urbanización, comarca, etc.). Esta pre-selección puede tener una vigencia a medio plazo puesto que no está vinculada a ningún proyecto determinado, aunque debe ser revisada periódicamente para incorporar nuevos conocimientos y nuevas especies y cultivares comercializados.

En la selección de las especies se deberá tener la certeza de una correcta selección en relación con las condiciones del entorno. Para ello se deberán tener en cuenta los siguientes condicionantes:

#### **Los condicionantes climáticos:**

- Clima.
- Microclima.
- Temperatura mínima y probabilidad de heladas.
- Temperatura máxima e incidencia de calores excepcionales.
- Pluviosidad y su distribución mensual.
- Humedad relativa.
- Exposición a la luz solar.
- Viento (fuerza, dirección y épocas predominantes).
- Modificaciones debidas al ambiente urbano.

#### **Los condicionantes ambientales y geográficos:**

- Proximidad al mar y continentalidad.
- Contaminación urbana e industrial.
- Altitud.

#### **Los condicionantes edáficos:**

- Naturaleza del suelo (suelos calizos, suelos ácidos, suelos salinos).
- Textura del suelo.
- Humedad del suelo.
- Riqueza del suelo

#### **Los condicionantes hídricos:**

- Disponibilidad de agua.
- Calidad del agua disponible.
- Posibilidad de instalación de riego localizado enterrado.

### **Los condicionantes ecológicos:**

- Ecosistemas naturales.
- Ecosistemas urbanos.
- Corredores biológicos.
- Fauna asociada.

### **Los condicionantes paisajísticos:**

- Unidad paisajística.
- Especies de árboles y palmeras utilizadas en la localidad, en la misma vía, etc.
- Puntos a resaltar con arbolado.

## 2. ADECUACIÓN DEL ARBOLADO

Ante todo, se debe **primar la calidad del arbolado a la cantidad**. La calidad en todos los procesos que ocurren cuando se gestiona, conserva o mantiene el árbol en la ciudad. En la plantación, en el establecimiento, en su mantenimiento, etc. Pero sobre todo en el diseño del espacio que va a contener árboles o en la selección del árbol adecuado a cada diseño.

En el diseño de su espacio arbolado hay que tener en cuenta:

- Usos y costumbres del lugar de plantación (anteriores, actuales y futuras).
- Las especies adecuadas al lugar de plantación (en su estado actual y en su proyección futura).
- Las necesidades actuales y futuras, aéreas y subterráneas, de las especies plantadas.

Debe considerarse que no en todos los espacios urbanos tiene cabida un árbol. El diseño de espacios arbolados requiere conocimiento y comprensión de la especie que se va a emplear.

Se deberá tener en cuenta que los árboles en sitios urbanos pavimentados, en el centro de la ciudad, experimentan temperaturas más altas, espacios de enraizamiento restringidos, superficies impermeables y medio de crecimiento deficiente, lo que hace que los árboles sufran falta de agua, oxígeno y un desequilibrio de nutrientes.

El profesional que diseña espacios arbolados en la ciudad deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

- Conocer la relación de especies vegetales adaptadas a la ciudad.
- Identificar los espacios adecuados para plantar árboles.
- Valorar la importancia del cambio climático en el uso de árboles.
- Identificar los factores bióticos y abióticos que interfieren en el entorno urbano con el desarrollo de los árboles.

### 2.1. FUNDAMENTOS DEL ÁRBOL EN ENTORNOS URBANOS

Este apartado hace hincapié en el desarrollo del árbol, en su biología, su comportamiento, sus necesidades, sus reacciones, etc. A la hora de establecer los criterios de gestión del arbolado urbano se hace necesario considerar estos rasgos biológicos dado que serán un relevante condicionante.

### 2.1.1. Características anatómicas y morfológicas

Es de suma importancia a la hora de seleccionar las diferentes especies de árboles y palmeras tener en consideración sus cualidades más importantes como son: sus dimensiones, su forma, sus hojas, su floración, su fructificación, su tronco y su sistema radicular.

#### DIMENSIONES

En general, las dimensiones que suelen alcanzar como arbolado viario son bastante inferiores. Sobre las características propias de cada especie o cultivar, los aspectos que modifican dicha altura teórica son los siguientes:

- Tipo de plantación (ejemplares aislados/plantación en grupos).
- Densidad y marco de plantación.
- Calidad de la planta suministrada, de su plantación y de su mantenimiento (podas, tratamientos fitosanitarios, etc.).
- Disponibilidad de suelo y de nutrientes.
- Disponibilidad de agua.
- Distancia a las edificaciones (que en algunos casos puede obligar el crecimiento en altura de los árboles).
- Grado de aclimatación en el ambiente urbano.
- Tipo de ambiente urbano.
- Otros condicionantes urbanos.

Las características dimensionales de un árbol o una palmera tienen las siguientes influencias:

- Condicionan los objetivos del proyecto.
- Intervienen en las relaciones de escala.
- Determinan la compatibilidad espacial.
- Afectan a las condiciones del medio.
- Determinan los beneficios ambientales que se pueden extraer a partir del índice de área foliar.

Los árboles y las palmeras suelen dividirse en tres grupos de altura:

- Árboles bajos (< 6 m).
- Árboles de altura mediana (de 6 a 15 m).
- Árboles altos (> 15 m).

Esto es un valor que corresponde al momento del suministro de los ejemplares y a su posible refaldado *in situ*, más que un dato propio de cada especie o cultivar. En el caso de palmeras con capitel, debe sumarse a la altura del estípite la altura o longitud del capitel.

Así mismo, los árboles y las palmeras suelen dividirse en cuatro grupos de anchura:

- Árboles de copa estrecha (< 4 m).
- Árboles de copa mediana (de 4 a 6 m).
- Árboles de copa ancha (de 6 a 8 m).
- Árboles de copa muy ancha (> 8 m).

Estrechamente relacionado con las dimensiones del ejemplar, deberá considerarse el espacio que requerirá en el futuro. Por lo tanto, se establecerá una distancia mínima requerida, ya sea entre otros ejemplares o con otros elementos urbanos como edificaciones. Este espacio mínimo requerido puede establecerse según el siguiente cuadro.

DISTANCIA MÍNIMA REQUERIDA	
CLASIFICACIÓN SEGÚN ANCHURA DE COPA	DISTANCIA MÍNIMA REQUERIDA
Árboles de copa estrecha (<4m)	De 2 a 2,5 m
Árboles de copa media (de 4 a 6 m)	De 2,5 a 3,5 m
Árboles de copa ancha (de 6 a 8 m)	De 3,5 a 4,5 m
Árboles de copa muy ancha (> 8 m)	>4,5 m

Tabla 1: Distancia entre árboles y su desarrollo.



Ilustración 3: Distancias mínimas de separación del arbolado.

El tamaño de un árbol resulta de la combinación de su altura total y de su anchura de copa.

Los árboles y las palmeras suelen dividirse en tres grupos de tamaño:

- Árboles pequeños.
- Árboles medianos.
- Árboles grandes.



GRUPOS DE TAMAÑO DE ÁRBOLES Y PALMERAS				
ANCHURA DE COPA				
ALTURA	Árbol de copa estrecha (< 4 m)	Árbol de copa mediana (de 4 a 6 m)	Árbol de copa ancha (de 6 a 8 m)	Árbol de copa muy ancha (> 8 m)
Árbol bajo (< 6 m)	Pequeño	Pequeño	Mediano	Mediano
Árbol de altura mediana (de 6 a 15 m)	Pequeño	Mediano	Mediano	Grande
Árbol alto (> 15 m)	Mediano	Mediano	Grande	Grande

Tabla 2: Grupos de tamaño de árboles y palmeras según su desarrollo.

## ESTRUCTURA

Las características estructurales de un árbol o una palmera tienen las siguientes influencias:

- Complementan las funciones deseadas del proyecto.
- Intervienen en su valor paisajístico.
- Intervienen significativamente en los costes de mantenimiento.

La forma de la copa de un árbol o una palmera corresponde al contorno de la copa teniendo en cuenta su tronco o estípote y se suele simplificar en una forma geométrica concreta.

En general se toma como forma de copa la que corresponde a su estadio adulto, que puede ser distinto al estadio juvenil y al estadio maduro, en situación óptima, es decir, la que tiene como ejemplar aislado. Si bien en ocasiones la poda de formación modifica y modula la forma que tendrá el árbol en el futuro, cuestión que también debe tenerse en cuenta.

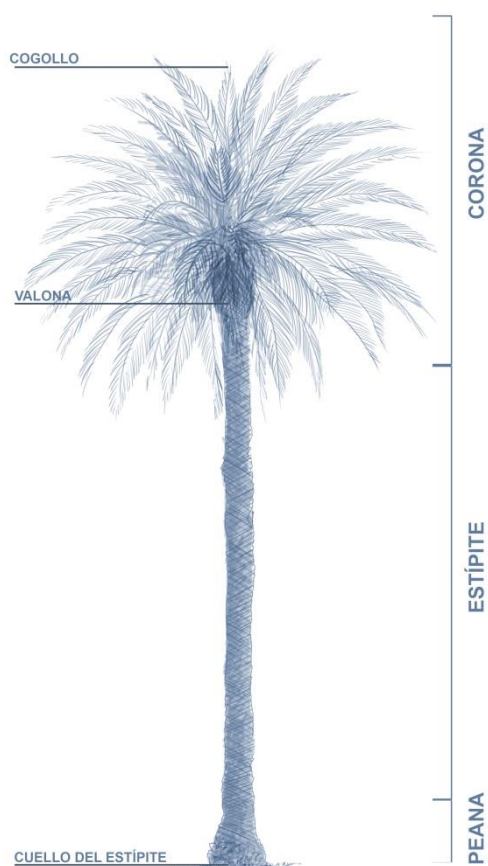


Ilustración 4: Anatomía de la palmera.

## FOLLAJE

Las características foliares de un árbol o una palmera tienen las siguientes influencias:

- Condicionan los objetivos del proyecto (la fenología del follaje, la densidad del follaje).
- Complementan las funciones deseadas del proyecto (el impacto visual del follaje, el color del follaje, los cambios estacionales, la textura foliar, los aromas foliares).
- Intervienen en el valor paisajístico de su entorno (el impacto visual del follaje, el color del follaje, los cambios estacionales, la época de foliación).
- Afectan a las condiciones del medio (la fenología del follaje, la densidad del follaje, la época de foliación, el grado de brillantez).
- Determinan los beneficios ambientales que se pueden extraer a partir del índice de área foliar (la fenología del follaje, la densidad del follaje, la época de foliación).

- Intervienen significativamente en los costes de mantenimiento (la época de foliación, la duración de las hojas, la limpieza viaria del follaje caído, la poda).

## FLORACIÓN

Las características de la floración de una especie tienen las siguientes influencias:

- Condicionan los objetivos del proyecto (la sexualidad).
- Complementan las funciones deseadas del proyecto (el impacto visual de la floración, el color de las flores, la época de floración, los aromas florales).
- Intervienen en el valor paisajístico de su entorno (el impacto visual de la floración, el color de las flores, la época de floración).
- Determinan algunos beneficios ambientales (la incidencia con la fauna, especialmente insectos, incluidas las abejas).
- Pueden ocasionar algunos impactos negativos sobre la salud humana (alergias) o sobre el bienestar (el mal olor de algunas flores).
- Intervienen en los costes mantenimiento (la limpieza viaria de las flores marchitas).

## FRUCTIFICACIÓN

La presencia de frutos en un árbol puede llegar a tener las siguientes afecciones:

- Condicionan los objetivos del proyecto.
- Complementan las funciones deseadas del proyecto.
- Intervienen en el valor paisajístico de su entorno.
- Determinan algunos beneficios ambientales.
- Pueden ocasionar algunos impactos negativos.
- Intervienen significativamente en los costes de mantenimiento.

## CORTEZA Y TRONCO

Las características de la corteza y el tronco pueden tener las siguientes consecuencias:

- Algunas especies presentan un gran interés estético y paisajístico.
- Determinan algunos beneficios ambientales.

## SISTEMA RADICAL

Aunque el sistema radical es la parte no visible, debe considerarse como una parte fundamental del criterio de selección. No obstante, el hecho de presentar unas importantes limitaciones en el entorno urbano, tanto de

espacio como de calidad, confiere que este atributo deba considerarse en realidad como secundario.

Las características del sistema radical tienen las siguientes influencias:

- Condicionan los objetivos del proyecto.
- Pueden ocasionar algunos impactos negativos sobre el entorno.
- En ocasiones se produce un incremento en el mantenimiento debido a la reparación de pavimentos y aceras.

El desarrollo del sistema radical de un árbol o palmera depende, además de la especie o cultivar a la que pertenece, de:

- Espacio subterráneo disponible.
- Existencia de barreras en el subsuelo.
- Textura y composición del suelo.
- Profundidad del suelo.
- Fertilidad del suelo.
- Existencia y localización de capas de suelo impermeables.
- Localización de la capa freática o de otras fuentes de agua.
- Presencia de cañerías o conductos como por ejemplo los del alcantarillado.
- Tipo de riego.
- Formación del sistema radical en el suministro de los ejemplares.

Debe tenerse en cuenta además que el sistema radical de los árboles suele cambiar cuando cambia la etapa del árbol, de juvenil a adulto y de adulto a maduro.

## 2.2. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ENTORNO

Conocer sus necesidades mínimas y tener en consideración la gran cantidad de interferencias con las que se encuentran los árboles de las calles de cualquier ciudad reducirá los posibles problemas en la gestión futura de compleja corrección.

## 2.3. MEJORA DE LOS ESPACIOS DE PLANTACIÓN

En las ciudades actuales se hace inevitable la aparición de espacios limitados que permitan el establecimiento del árbol urbano. La tendencia actual es, gracias al avance de conocimientos de las ciudades, una demanda de cambio que otorgue al árbol un mayor protagonismo y, por lo tanto, mayores espacios y de mejor calidad donde desarrollarse.

Con los nuevos diseños el árbol se convierte en el protagonista y se ve claramente beneficiado. Como veremos se trata de soluciones cada vez más comunes en nuevos proyectos, aunque de difícil ejecución en espacios urbanos establecidos. No obstante, son recursos imprescindibles para la sostenibilidad de las ciudades y la seguridad de sus habitantes sobre todo en áreas geográficas propensas a fenómenos meteorológicos lluviosos adversos.

Algunas de las propiedades del suelo esenciales para el crecimiento de las raíces y los árboles, como la porosidad, la permeabilidad y la tasa de infiltración. Cualidades que también son las que facilitan la gestión de la escorrentía de aguas superficiales. Todos estos diseños deben tener en cuenta el impacto en los servicios públicos enterrados, en la estabilidad del terreno, la accesibilidad, en el alcantarillado, en los costes de mantenimiento y en la salud pública.

### **2.3.1. Pavimentos permeables**

Como pavimentos permeables se entiende una amplia gama de superficies, desde los hormigones porosos, la grava unida porosa, los pavimentos porosos de grano poroso y varios tipos de sistemas reforzados de rejilla y adoquines que permiten que el agua penetre en el subsuelo. El agua en el subsuelo puede filtrarse en suelo más profundos o descargarse en un sistema de tuberías.

### **2.3.2. Sistemas urbanos de drenaje sostenible**

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible SUD son especialmente beneficiosos en episodios tormentosos cortos y de intensidad fuerte cuando el sistema de alcantarillado no es capaz de desaguar con prontitud. Si estos SUDS se encuentran arbolados se potencia la capacidad de drenaje por:

- La transpiración del árbol.
- La interceptación del árbol de las gotas de lluvia y posterior evaporación.
- La retención de agua por la estructura del árbol, modulando su flujo a la superficie del suelo.
- El aumento de capacidad de infiltración de agua en suelo.

Ciertos estudios apuntan que la tierra vegetal es capaz de eliminar o retener los componentes tóxicos disueltos en el agua mediante su flora microbiana. Estos sistemas por su propio diseño son ventajosos para el propio árbol al suponer un aporte extra de agua pluvial en un entorno fuertemente urbanizado donde difícilmente tendría acceso al mismo.

Existen diferentes enfoques para integrar árboles y SUDS. Los parámetros clave a considerar al seleccionar el más apropiado para un sitio dado incluyen:

- Naturaleza y tasa de infiltración del subsuelo.
- Espacio disponible y contexto urbano a nivel del suelo.
- Objetivos de gestión de la escorrentía: nivel de atenuación, infiltración y eliminación de contaminantes deseado o requerido.

La integración de los árboles con los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en áreas pavimentadas debe considerar los impactos sobre: El uso de la infraestructura gris, incluidos los automovilistas, ciclistas y peatones con especial cuidado en mantener las distancias de seguridad adecuadas y los estándares de seguridad y accesibilidad. La salud y la condición de crecimiento de los árboles.

Los SUDS bien diseñados, con plantaciones pueden constituir un interesante punto focal y mejorar la calidad paisajística de las calles.

### **2.3.3. Sistemas de cajas con suelos estructurales**

Se trata de una medida de control de aguas pluviales de infraestructura verde que están diseñadas para recoger la primera descarga de aguas pluviales y tratarla antes de descargarla en el sistema de alcantarillado pluvial o en el subsuelo. La estructura es una caja de hormigón o de material plástico que se instala en el suelo, con un sustrato específico y que se planta con árboles o arbustos. Funciona como un sistema compacto de bio-retención, que es una infraestructura verde o control de aguas pluviales de desarrollo de bajo impacto.

### **2.3.4. Sistemas de soporte de pavimento**

Se trata de un sistema de soporte de pavimento, diseñado para un máximo volumen de suelo y de enraizamiento; lo que permite la convivencia con las infraestructuras subterráneas; y que cumple con las normas y requisitos para proyectos de obras civiles.

Está compuesto por las celdas diseñadas para proporcionar a los árboles en entornos urbanos las condiciones adecuadas para su vegetación sin perturbar las estructuras superficiales. Este sistema requiere de mantenimiento, más o menos intensivo, dependiendo de la época del año (primavera, verano u otoño), tanto del propio sistema (limpieza de sumideros) como del árbol.

Sea cual sea el sistema utilizado debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Compatible con el entorno urbanizado.
- Que contenga un volumen de suelo no compactado.
- Dotado de un sistema de irrigación y aireación.
- Diseñado para proteger infraestructuras subterráneas del crecimiento de las raíces.
- Mantenimiento sencillo de los sumideros del sistema.
- Capaz de evacuar con fluidez el exceso de agua procedente del drenaje o la inundación.

## 2.4. ADAPTACIÓN DEL ARBOLADO AL ESPACIO

Para potenciar los beneficios del arbolado y minimizar las molestias sobre el ciudadano y los costes en su conservación, es necesario que las dimensiones del arbolado sean las adecuadas al espacio disponible y a los usos de cada espacio.

Proveer al árbol del espacio que realmente requiere mejora de forma sustancial la calidad del árbol, reduce los problemas derivados de podas y los daños sobre las raíces, mejorando el estado fisiológico del árbol y alargando su vida.

Se recomiendan 10 principios para el diseño del espacio con árboles:

### Estrategias basadas en el suelo:

- Plantar en los lugares aptos.
- Establecer lugares de plantación de mayor tamaño.
- Preservar y reutilizar los recursos existentes en el suelo.
- Mejorar del suelo y del drenaje

### Estrategias basadas en árboles:

- Respetar la base de árbol.
- Permitir espacio para las raíces.
- Una correcta elección de la especie / cultivar.

### Estrategias basadas en la gestión:

- Establecer presupuestos razonables de árboles.
- Establecer detalles constructivos de construcción de los alcorques en viario.
- Definir su mantenimiento.

El espacio de los árboles en general no está bien definido a juzgar por las plantaciones que se llevan a cabo en las ciudades. No se calcula el espacio necesario para el desarrollo del sistema de raíces, ni se atiende el tamaño del árbol en su madurez, ni a su forma de crecimiento, ni a las características del entorno urbanizado donde se planta. Cuando se habla de espacio se habla de volumen, de volumen en expansión, de una expansión necesaria para el sano desarrollo del árbol, y que en su camino no interfiera con los servicios públicos inherentes a un núcleo urbano. Un volumen imprescindible para que el árbol nos aporte esos beneficios ecosistémicos que tanta falta nos hace, para conocer los recursos que requerirá su mantenimiento y para dimensionar los deservicios que también generará.

Con relación a la distancia de separación salvo excepciones siempre se debe plantar al menos a 3 m de la fachada y al menos a 2 m de la propiedad vecinal.

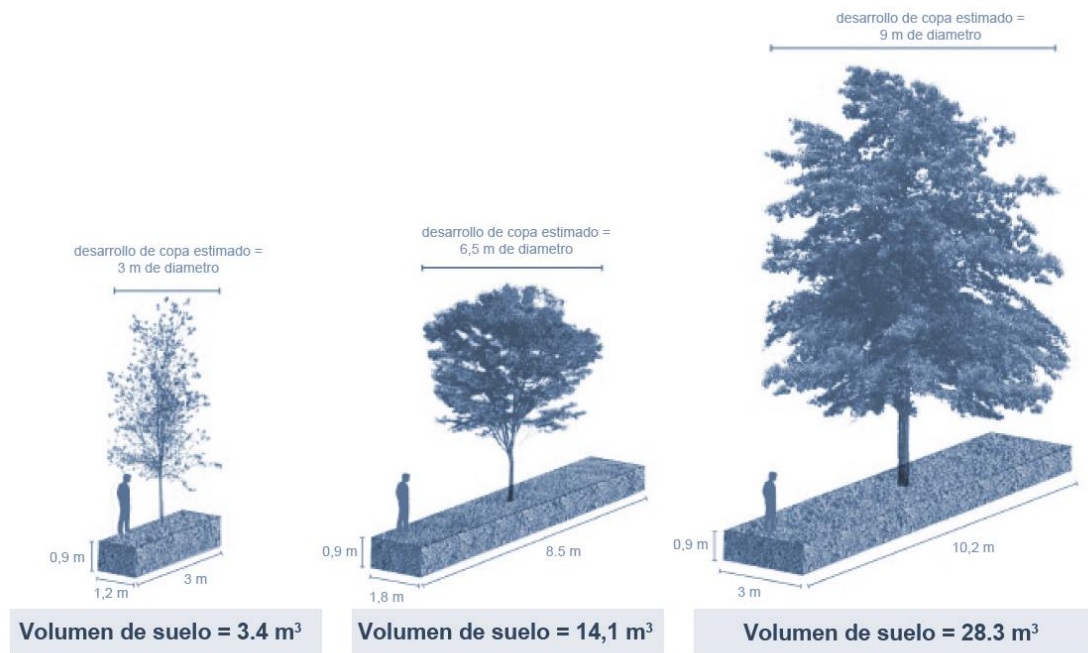


Ilustración 5: Necesidades de volumen de suelo.



### 3. IMPLANTACIÓN DEL ARBOLADO

Se hace imprescindible la definición correcta del árbol en los proyectos de ejecución para garantizar su supervivencia. Para ello se deberán establecer unos controles de calidad exhaustivos. Sin embargo, y previo a ello, se deben definir correctamente cuales son las características concretas del ejemplar. Parta evitar problemas en la interpretación de tales definiciones se deberá establecer respetando la normativa internacional.

Por último, es importante establecer unos criterios de calidad también en la plantación donde se establezca desde el momento idóneo hasta la correcta ejecución de los trabajos de plantación y mantenimiento del arbolado.

#### 3.1. DIRECTRICES DE CALIDAD DEL ARBOLADO URBANO

Se deben establecer unos criterios mínimos de calidad en su implantación. El árbol debe adaptarse desde un primer momento a la ciudad y, para ello, se hace imprescindible una correcta calidad de los ejemplares en el momento de la plantación.

Se recomienda que previo al momento de plantación todo el arbolado sea aprobado por la Dirección Técnica en los viveros de origen. Una vez aprobadas las partidas el vivero de producción deberá facilitar las cartas de compromiso donde se confirma la reserva de los ejemplares seleccionados. En dicho documento se recogerá el nombre científico y cultivar, unidades y fecha de entrega de las plantas reservadas.

Cualquier variación y/o sustitución de las especificaciones del proyecto deberá ser comunicado y aprobado previamente por escrito por la Dirección Técnica. De no haber aprobado expresamente la Dirección Técnica las modificaciones, las plantas serán rechazadas.

Con la finalidad de asegurar un arbolado de calidad en todo momento, se establecerán tres recepciones provisionales y controles de calidad de todo el material vegetal destinado a la plantación:

##### **En origen:**

Se deberá aprobar en los viveros de procedencia. El arbolado será marcado uno por uno con etiquetas identificativas. Dichas partidas serán fotografiadas con el fin de recordar su origen y características.

##### **En obra:**

La Dirección Técnica realizará una segunda recepción provisional de la planta siempre y cuando se ajuste a las prescripciones de calidad

establecidas. La Dirección Técnica se reserva el derecho de rechazar las partidas o unidades de planta que no presenten las características solicitadas y acordadas en los viveros de procedencia, que carezcan del marcaje de la Dirección Técnica o en las que se hayan producido daños durante la carga, transporte o descarga.

### **Periodo de mantenimiento:**

Serán rechazados todos los ejemplares que no guarden la calidad exigida, ya sea durante el periodo de acopio en obra previo a la plantación, durante la plantación o en el proceso de conservación, una vez plantados hasta la definitiva recepción de la obra.

Si en cualquiera de estas recepciones las partidas o ejemplares no cumplen con los criterios de calidad señalados deben ser automáticamente rechazadas, debiendo retirarse de forma inmediata de la obra y sustituirse por plantas que guarden la calidad solicitada.

#### **3.1.1. Control y criterios de aceptación o rechazo**

Toda la planta deberá cumplir con los siguientes condicionantes:

- ✓ Autenticidad específica y varietal. Han de responder a las características de la especie como en su caso a los caracteres del cultivar.
- ✓ En todas las plantas la relación entre altura-tronco/altura-maceta ha de ser proporcional.
- ✓ Las alturas, amplitud de copa, la longitud de las ramas, las ramificaciones y el follaje han de corresponder a la edad del individuo según la especie.
- ✓ El porte y la presentación deberán corresponder a lo exigido por las descripciones del Proyecto.
- ✓ Las raíces han de estar bien desarrolladas y proporcionadas de acuerdo con la especie y/o variedad, la edad y el crecimiento. Deben carecer de problemas de reviramiento radicular.
- ✓ Las plantas de una misma especie, dedicadas a una misma ubicación y función han de ser partidas homogéneas.
- ✓ Los injertos han de estar perfectamente unidos y no deben afectar a la estética de la planta.
- ✓ Las plantas no pueden mostrar defectos producidos por padecimientos anteriores de enfermedades, plagas o métodos de cultivo que reduzcan el valor o la calidad para su uso. Han de estar sanas y bien formadas para que no peligre su establecimiento y desarrollo futuros.
- ✓ Los sustratos en contenedor y los cepellones han de estar libres de hierbas espontáneas.

Así mismo, las plantas deberán disponer de etiquetas identificativas con los siguientes datos:

Nombre botánico

Nombre de la variedad o cultivar (si existiese)

Anchura, altura

Volumen del contenedor o maceta

Los productores e importadores de plantas tienen que aparecer inscritos en un Registro Oficial de Productores comerciantes e importadores y han de cumplir las obligaciones a las que estén sujetos. Se exigirá pasaporte fitosanitario de todas las especies para aquellas que la legislación lo exija.

### 3.1.2. Condiciones específicas de calidad

Todas las plantas deberán ser recepcionadas y aprobadas en obra por la Dirección Técnica. Como trabajo previo todos los ejemplares de árboles serán marcados por la Dirección Técnica en los viveros de origen. Durante este marcaje se colocará en el arbolado etiquetas de reserva (numeradas y antivandálicas) que deberán permanecer en los ejemplares hasta la recepción de la obra.

El arbolado tendrá siempre, tronco recto y una buena formación de copa, no admitiéndose en ningún caso planta mal formada, grandes cortes, terciada, desmochada o cualquier otra intervención en la planta no aprobada por la Dirección Técnica por leve que pudiera ser. La planta no presentará codominancia en las ramas que forman la estructura de la copa, ni ramificaciones anómalas. El arbolado no presentará ni madera seca, ni corteza incluida en sus ramas para evitar problemas futuros de fisuras. No se admitirán plantas con sintomatología de stress como turiones, chupones, brotaciones de emergencia, brotes epicórmicos, etc.

Los ejemplares presentados en cepellón deberán tener el ensanchamiento basal del tronco visible. Los cepellones serán planos en la parte superior y deberán estar perfectamente consolidados. No existirán raíces rotas o desgarradas. Los cortes de las raíces nunca serán superiores a 2 cm. El diámetro del cepellón será como mínimo 3 veces el perímetro del tronco.

Los cepellones deberán ir atados con rafia o similar o bien con arpillera de material degradable. Adicionalmente deberán ir protegidos con malla metálica no galvanizada, con cesto metálico no galvanizado o con tela plástica degradable. Como materiales de protección o de atadura del cepellón sólo se permiten materiales que se descompongan antes de un año y medio después de la plantación y que no afecten al crecimiento posterior del árbol y de su sistema radicular.

Los ejemplares que se presenten con el cepellón escayolado se encontrarán en perfecto estado y libres de golpes o roturas. No podrán observarse a

través de los drenajes del cepellón cortes con grandes secciones (+ de 2 cm.) del sistema radicular.

Durante la plantación de estos ejemplares con cepellón de escayola se deberá eliminar la base de escayola y romper los laterales. Se respetará el cuello de escayola durante el primer año. Es recomendable cortar la malla metálica de la zona inferior. Una vez plantado el ejemplar se debe comprobar que el cepellón se humedece correctamente durante el primer riego, para lo que se harán buenos alcorques y si es necesario romper ligeramente la zona superior de la escayola.

La Dirección Técnica se reserva el 2% de cada partida en cepellón o cepellón escayolado para su examen. Si fuera necesario podrá solicitar incluso la apertura y examen del cepellón. Será motivo de no aceptación de la planta si el cepellón o cepellón escayolado, una vez desprovistos de la rejilla o la escayola, se desmoronan o presentan un sistema radicular reducido, dañado o deficiente.

Los ejemplares a utilizar en aparcamientos y viarios presentarán la copa a una altura de 2,20 m, porte flechado y tres trasplantes.

Los árboles ramificados desde la base deberán estar totalmente cubiertos de ramas. Las ramas laterales estarán bien repartidas regularmente a lo largo del tronco.

El arbolado responderá a las condiciones especificadas en el presupuesto, tanto en lo referente al tamaño como a su presentación y calidad, referidas a las siguientes condiciones:

### **FRONDOSAS**

La altura de la planta se define como la distancia desde el cuello de la planta al ápice terminal.

La medición del perímetro del tronco se realiza siempre a 1 m del cuello de la planta. Para árboles de troncos múltiples el perímetro total es la suma de los perímetros individuales, a no ser que se cite lo contrario en la descripción.

En el caso de que el ejemplar se presente en contenedor es necesario aportar sus dimensiones. Las medidas del recipiente se definirán siempre por su volumen en litros.

Las especies de frondosas cultivadas en contenedor, además de lo mencionado líneas arriba, cumplirán las siguientes prescripciones específicas:

- ✓ Deberán llevar al menos un año cultivados en el recipiente.

- ✓ No presentarán evidentes signos de reviramiento radicular.
- ✓ Deben mantener un equilibrio razonable entre el volumen aéreo y el cepellón.
- ✓ Las plantas en contenedor deberán disponer de un volumen del contenedor proporcional a la medida de la planta.

## **PALMERAS**

Las plantas presentarán el tamaño especificado en el proyecto, refiriéndose las medidas a la altura del tronco en metros.

Las palmeras no deben tener ningún golpe o herida en su tronco. Debido a su biología particular, carecen de crecimiento secundario. Las heridas son especialmente graves, pudiendo desencadenar en peligrosas pudriciones además de presentar un claro deterioro estético.

Las plantas deberán encontrarse perfectamente enraizadas y con un sistema radicular consolidado desde al menos un año.

La especie, variedad, cultivar, porte y presentación deberán corresponder a lo exigido por las descripciones de proyecto.

Las plantas antes de depositarse en el lugar de plantación deberán encontrarse aclimatadas a las temperaturas de la zona.

Todas las plantas deberán encontrarse en perfecto estado fitosanitario, por lo tanto, carentes de plagas y enfermedades o señales de anteriores afecciones que pudieran afectar a la calidad estética y/o fitosanitaria de la planta.

Todas las plantas deberán ser aprobadas por la Dirección Facultativa en el vivero de origen.

### **3.2. CATEGORIZACIÓN COMERCIAL DEL ARBOLADO**

Con el objetivo de conseguir un arbolado de calidad es imprescindible la estandarización de la descripción comercial del arbolado en las labores previas a la ejecución. Para ello se deben establecer unos criterios de descripción claros que no den lugar a posibles confusiones apoyándose en la normativa internacional desarrollada al efecto.

Por lo tanto, la finalidad de este apartado es la definición de unas normas que establezcan con claridad los criterios que se han de regir para definir el arbolado. Es definición deberá ser la misma tanto en la fase de proyecto, producción, comercialización y ejecución independientemente de la procedencia de la planta.

### 3.2.1. Definición del árbol en proyecto

Resulta básico realizar una correcta descripción del arbolado en la fase de proyecto que permita una adecuada valoración económica de los ejemplares y evite posibles malos entendidos en la interpretación de las calidades durante la fase de localización y plantación de los ejemplares.

Por ello, será necesario incluir tanto en los planos de plantación como en el presupuesto, la completa descripción de los árboles. Se recomienda que cada partida de árbol del presupuesto recoja al menos los siguientes conceptos:

- nombre científico
- cultivar
- calibre
- presentación
- formación
- tamaño del hoyo plantación.

Así mismo, dicha partida recogerá todas aquellas acciones particulares que se consideren necesarias para la futura viabilidad del ejemplar (fertilización, enraizantes, mejorantes, anti-transpirantes, etc.). Una vez finalizada la partida del presupuesto deberá aludir siempre al documento Pliego de Condiciones Particulares de Jardinería y Paisajismo donde se ofrecerá una mayor especificación de las labores, calidades y presentaciones.

Será imprescindible emplear el nombre científico de las especies empleadas. Para ello se deberá aplicar como base fundamental el *Código Internacional de Plantas Cultivadas*. Todos los profesionales relacionados deben hacer uso de la correcta terminología científica. Así mismo, en el caso de emplear algún cultivar o variedad ornamental se deberá mencionar expresamente evitando en todo momento el uso de nombres vulgares, en especial aquellos de origen local.



Ilustración 6: Código internacional de plantas cultivadas.

### 3.2.2. Clasificación según sus dimensiones

Las frondosas se deberán medir según su calibre. Es decir, el perímetro de tronco (circunferencia) a 1 m de altura sobre el nivel del suelo (base del tronco). En las formas especiales (ramificado desde la base, multitronco, etc.) tendrán que especificarse las dimensiones. De tal forma que se considera árbol a partir del calibre 6/8, las medidas anteriores se denominan “plantel”. Así mismo, los árboles en vivero se deberán inventariar según un código internacional de colores.

Calibres (Ø en cm)	Altura (cm)	Nº mín. de trasplantes/ repicados	Tamaño mínimo del cepellón (cm)	Código cromático
6/8	250-300		25	azul
8/10	250-300		30	amarillo
10/12	300-350		30	rojo
12/14	350-400	3	40	blanco
14/16	400-450	3	45	azul
16/18	450-500	3	50	amarillo
18/20	450-500	3	55	rojo
20/25	500-550	4	60	blanco
25/30	600-650	4	70	azul
30/35	600-650	4	80	amarillo
35/40	700-750	5	90	rojo
40/45	700-750	5	100	blanco
45/50	750-800	5	120	azul
50/60	750-800	6	130	amarillo

Adaptado de Goodwin, 2017/European technical & quality standards for nurserystock. 2010.

Ilustración 7: Cualidades del árbol cultivado en vivero. Adaptada de Goodwin. 2017/European technical & quality standards for nurserystock. 2010.

En el caso de las coníferas se medirán en altura desde la base del tronco. Los intervalos de alturas se establecerán de la siguiente manera:

- De 5 en 5 cm hasta los primeros 30 cm.
- De 10 en 10 cm desde 30 cm hasta 60 cm.
- De 20 en 20 cm desde 60 cm hasta 100 cm.
- De 25 en 25 cm desde 100 hasta 300 cm.
- De 50 en 50 cm desde 300 hasta 500 cm.
- De 100 en 100 cm a partir de 500 cm.

Al igual que en el caso de las coníferas existe un código de 4 colores que irá rotando sucesivamente.







CALIBRE DE CONÍFERAS CULTIVADAS EN VIVERO (cm)			
30-40 blanco	70-80 blanco	125-150 blanco	225-250 blanco
40-50 azul	80-90 azul	150-175 azul	250-275 azul
50-60 amarillo	90-100 amarillo	175-200 amarillo	275-300 amarillo
60-70 rojo	100-125 rojo	200-225 rojo	

Tabla 3: A partir de 300 cm se repetirá la serie de colores (blanco-azul-amarillo-rojo) expuesta en la tabla anterior.

En los árboles con varios tallos (troncos múltiples) debe indicarse además el número de tallos y su perímetro mínimo que será aceptado, medido a 1 m sobre el nivel del suelo (cuello de la planta).

### 3.2.3. Clasificación según su presentación

En relación con la especie, época del año y presupuesto disponible, se pueden emplear diferentes presentaciones. Las presentaciones más habituales son: raíz desnuda, cepellón y contenedor.

						
	RAÍZ DESNUDA	CEPELLÓN	ESCAVOLADO	CONTENEDOR	AIR POT	SACO CONTROLADOR
Árboles de hoja caduca	✓	✓		✓	✓	✓
Árboles de hoja perenne		✓	✓	✓	✓	
Coníferas		✓	✓	✓		
Palmeras		✓		✓		

✓ Presentación habitual

Ilustración 8: Idoneidad de presentación según tipo de árbol.

#### RAÍZ DESNUDA (R.D.):

Son plantas que se presentan sin sustrato alrededor de la raíz.

Deben poseer:

- Raíces abundantes y bien ramificadas.
- Abundancia de pequeñas raíces. Con una medida de la cabellera de 3 veces el perímetro de tronco a 1 m de altura.

No deben poseer:

- Raíces excesivamente podadas.
- Cortes de poda de la raíz superior a los 3 cm.

#### CEPELLÓN (CEP.):

Son plantas que presentan un sustrato alrededor de la raíz envuelto en arpillera o escayola.



Deben poseer:

- El cepellón deberá estar perfectamente consolidado. Ancho 3 veces el perímetro de tronco y una profundidad de 0,7 veces el ancho del cepellón.
- Presentarse con material biodegradable (arpillera/malla no galvanizada).

No deben poseer:

- Raíces cortadas superiores a 3 cm.
- Deshacerse en el transporte.

### **CONTENEDOR (C.):**

Son plantas que se presentan con su parte subterránea dentro de un recipiente cerrado.

Deben poseer:

- El cepellón se habrá cultivado suficiente tiempo como para estar perfectamente consolidado. Presencia de nuevas raicillas.
- Ancho: 3 veces perímetro de tronco.
- Tener el tallo en el centro del contenedor.

No deben poseer:

- Tener problemas de espiralización radicular.
- Raíces apareciendo por los drenajes.
- Escasez de sustrato.
- No consolidado.

Así mismo existen otros tipos de presentaciones como:

#### **- Cepellón escayolado:**

Consiste en cubrir el cepellón con una capa de escayola sobre la malla del cepellón con objeto de aumentar su consistencia.

Práctica cada vez menos corriente, tan sólo recomendada para operaciones muy concretas de trasplante de grandes ejemplares y determinados cultivos de árboles.

#### **- Sistema air-pots**

Presentación que efectúa el repicado radicular a través del aire que penetra en el cepellón. La planta desarrolla un denso sistema radicular y evita uno de los principales problemas del cultivo en contenedor, la espiralización de las raíces.

Cada nueva raíz sigue el mismo camino hacia los orificios de aire y el proceso se va repitiendo, de este modo la planta desarrolla rápidamente una gran masa de raíces fibrosas orientadas hacia el exterior.

#### - **Roots Control (S.C.)**

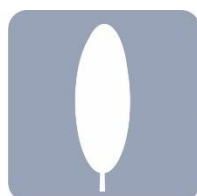
Sistema diseñado para evitar que las raíces levanten el suelo. Consiste en la plantación de los árboles dentro de sacos. No es necesario ningún tipo de sustrato especial, basta con que la tierra sea buena.

Las paredes laterales permiten una libre circulación de humedad y nutrientes dentro del contenedor. Las puntas de las pequeñas raíces que pueden salir fuera del SC, traen a éste la humedad y los nutrientes a través del xilema.

#### 3.2.4. Clasificación según su formación

Así mismo, de deberá definir cada ejemplar en relación con su forma, en base a la siguiente clasificación:

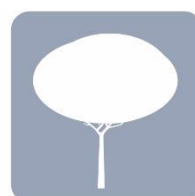
- Forma flechada.
- Forma aparasolada.
- Forma columnar.
- Forma péndula.
- Forma globosa.



Columnar



Ovoide



Aparasolado



Irregular



Esférico



Piramidal



Abanico



Péndula

Ilustración 9: Portes de arbolado.

Otro tipo de clasificación complementaria a la anterior se basa en relación con el tipo de ramificación:

- Tronco único.
- Ramificación desde la base.
- Multi-tronco.



Ilustración 10: Tipo de ramificación de las frondosas. 1.- Copada. 2.- Vestido desde la base. 3.- Ramificado desde la base. 4.- Multi-tronco.

### 3.3. TÉCNICAS DE PLANTACIÓN

Es sabido que para obtener un arbolado urbano de calidad se deben realizar las labores de plantación de forma adecuada. Estas labores deberán garantizar un buen desarrollo del sistema radicular que facilite el correcto anclaje y un adecuado suministro de nutrientes, agua y oxígeno.

#### 3.3.1. Manejo del arbolado

Antes de proceder con la plantación se deben establecer unas pautas de recepción del arbolado que aseguran que la planta está cumpliendo con los criterios de calidad establecidos en proyecto y recogidos en el Pliego de Condiciones Técnicas particulares de Jardinería

#### CARGA Y TRANSPORTE

Los camiones no deben cargarse en exceso con el arbolado. Se deben establecer, en relación a su calibre, altura y fragilidad de la ramificación, desde su distribución en el orden de carga, hasta el número de ejemplares admisible por vehículo (oscilando entre 90 y 120 unidades); de tal forma que se eviten posibles daños en la planta durante su carga y transporte.

Los camiones siempre deberán ir cerrados. En caso de altas temperaturas deberá disponerse de camiones refrigerados.

Consecuencias de una incorrecta preparación de la planta en vivero

#### 1.- Limitación del sistema radicular:

- Reducción de citoquininas, disminución de la estimulación de desarrollo de las yemas de la copa.

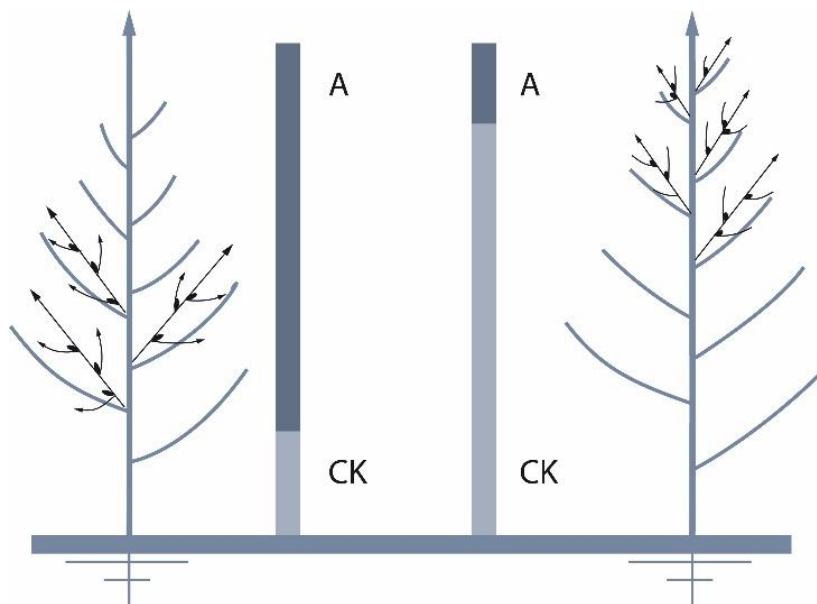
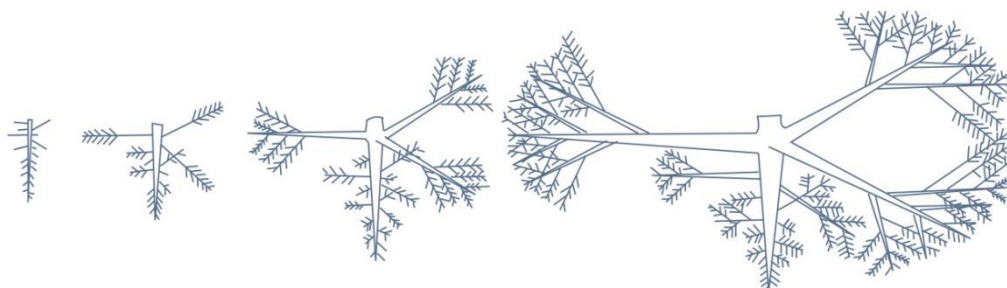


Ilustración 11: Influencia de las citoquininas y las auxinas en el crecimiento.

- Reducciones graves en la capacidad de absorción de agua, nutrientes y oxígeno.
- Pérdida de reservas.



1.- Plántula: Anclaje al suelo. Autotrofia	Pivotante	Cabellera			
2.- Planta joven: Exploración al suelo	Pivotante	Exploración	Cabellera		
3.- Individuo joven: Colonización del medio	Pivotante	Colonización	Exploración	Cabellera	
4.- Joven adulto: Exploración a distancia	Pivotante	Maestras	Colonización	Exploración	Cabellera
<b>DISTRIBUCIÓN JERÁRQUICA</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>

Ilustración 12: Estructura radicular de los árboles. Fuente: Claire Atger.

## 2.- Poda drástica de la copa:

- Ausencia de dominancia apical, organizadora del desarrollo natural de la estructura del árbol.
- Reducción de la superficie fotosintetizadora.
- Ausencia de producción de auxinas, ralentización en la estimulación del desarrollo radicular.

### 3.- Planta debilitada:

- Paralización del desarrollo.
- Ausencia de la dominancia apical, alteración de su estructura natural.
- Escasa producción de superficie fotosintetizadora.

Deberán ser rechazadas aquellas plantas que presenten los siguientes síntomas:

- Heridas en la corteza.
- Troncos y guía múltiples (codominancias).
- Ramas, hojas o yemas secas.
- Ramas rotas.
- Evidencias o síntomas de tener o haber padecido plagas o enfermedades.
- Pérdida de guía.
- Injertos antiestéticos.
- Podas deficientes o antiestéticas.
- Planta mal formada.

#### 3.3.2. Trabajos de plantación

Cuando se trata de una plantación en tierra libre en una zona ajardinada, antes de la plantación debe procederse al modelaje y perfilado del terreno, si procede, y al acondicionamiento del suelo de manera que, como efecto de estos trabajos, resulte un perfil apto para la plantación.

En el caso de suelos compactados, para evitar el encharcamiento de agua y por tanto la muerte prematura de los árboles recién plantados, es conveniente mejorar su textura, su estructura y su permeabilidad. Si el suelo está excesivamente compactado, debe realizarse un subsolado en el área de plantación. Si la superficie del suelo está constituida por una costra, debe realizarse una escarificación del suelo.

Si las condiciones físico-químicas del suelo no son las adecuadas, debe realizarse una aplicación de enmienda con aportación de materiales que favorezcan la fertilidad, la porosidad, el drenaje y la retención de humedad.

La profundidad mínima de suelo removido y fértil debe ser de 50 cm.

En el caso de presencia de piedras debe valorarse la necesidad de realizar un despedregado.

En el caso de presencia de tocones debe valorarse la necesidad de retirarlos mediante una destocadora.

En el caso de la presencia de hierbas espontáneas debe valorarse la necesidad de realizar un desherbado.

### Replanteo

Debe realizarse el marcado o jalonamiento en el suelo de la posición de la planta prevista en proyecto y su posicionamiento *in situ*.

Después de evaluar los condicionantes de la obra y las posibles soluciones debe efectuarse el replanteo y el remarcado de la posición definitiva de la planta. La posición final del lugar de plantación de los árboles, incluidos los que han sido remarcados, deben quedar reflejadas en el plano de finalización de obra ("*as built*").

### Apertura de hoyo

Las fases de la apertura de los hoyos y zanjas de plantación deben seguir el orden siguiente:

- Marcado o jalonamiento en el suelo de la posición de la planta prevista en proyecto.
- Observación de posibles condicionantes debidos a la presencia de redes aéreas de servicios, elementos construidos, elementos de mobiliario (farolas, señales, etc.), vegetación existente, etc.
- Localización de posibles condicionantes debidos a la presencia de redes subterráneas de servicios (agua, electricidad, etc.).
- Posicionamiento de la planta *in situ*.
- Replanteo de la posición de la planta en función de los condicionantes, de la orientación, etc.
- Remarcado de la nueva posición de la planta, si procede.
- Decisión del método más adecuado de apertura:
  - Apertura manual
  - Apertura mecánica
- Realización de hoyo o zanja.
- Acopio por separado de los materiales útiles obtenidos en la excavación para ser reutilizados en la plantación.
- Gestión sostenible de los materiales de rechazo obtenidos en la excavación.

Siempre que se pueda, se recomienda la apertura de los hoyos y las zanjas de plantación con la máxima antelación posible para favorecer la meteorización del suelo y su acondicionamiento.

### Tamaño y forma de los hoyos

El tamaño de los hoyos o zanjas de plantación practicados depende del tipo de plantación que se tenga que realizar, de la calidad del suelo existente y del tamaño de los arboles suministrados.

Deben ser suficientemente anchos y profundos para poder acomodar el cepellón o el sistema radical entero, previendo más espacio para su desarrollo futuro.

Para la plantación de árboles a raíz desnuda, el diámetro del hoyo debe ser lo más grande posible, como mínimo dos veces más ancho que el sistema radical y preferentemente tres veces.

La profundidad de hoyo o zanja depende del tipo de sistema radical, del clima y del tipo de suelo.

Para la plantación de árboles suministrados con cepellón o en contenedor, el diámetro del hoyo debe ser lo más grande posible, como mínimo dos veces más ancho que el del cepellón y preferentemente tres veces. La profundidad de los hoyos o zanjas debe ser aproximadamente igual a la altura del cepellón.

TAMAÑO DE LOS HOYOS DE PLANTACIÓN		
Tipo de suministro	Diámetro mínimo del hoyo	Profundidad mínima del hoyo
raíz desnuda	= 2 x diámetro del sistema radical	= longitud del sistema radical
cepellón	= 2 x diámetro del cepellón	= profundidad del cepellón
contenedor	= 2 x diámetro del cepellón	= profundidad del cepellón

Tabla 4: Tamaño de los hoyos de plantación.

La forma del hoyo debe ser troncocónica. En suelos compactos es conveniente que el volumen excavado en la parte superficial sea bastante más grande que el de la parte inferior.

En el caso de zanjas, su anchura se corresponde con el diámetro del hoyo y su profundidad con la profundidad del sistema radical o del cepellón. Su longitud debe ser la de la plantación. En algunos casos se puede realizar una zanja doble, el diámetro doble, para una doble alineación o una plantación al tresbolillo.

Siempre que se pueda llevar a cabo, en la plantación de alineaciones de árboles es mejor realizar zanjas que hoyos individuales.

### Operación de apertura

La apertura de los hoyos y zanjas de plantación se realiza excavando el terreno en un volumen proporcional a las exigencias de la plantación que debe efectuarse. La excavación pone al descubierto los distintos horizontes del suelo y subsuelo. Las diferentes propiedades de los materiales que forman estos horizontes en relación con la futura plantación aconseja considerarlos individualmente y dotarles de un tratamiento por separado.

En el caso de tierras no arenosas, las paredes y el fondo de los hoyos y zanjas deben escarificarse para favorecer la acción de los agentes atmosféricos y la penetración de las raíces.

## Drenaje

Una vez abiertos los hoyos y zanjas de plantación se debe realizar una sencilla prueba para comprobar si el drenaje es suficiente. Es lo que se conoce como "prueba de infiltración". Para ello, se llena de agua hasta la mitad un número representativo de hoyos practicados. Si el suelo está correctamente drenado, el agua se infiltrará sin dificultades, pero si no se ha vaciado el agua en dos horas, deberá efectuarse alguna medida suplementaria para evitar problemas de falta de drenaje y de asfixia radical.

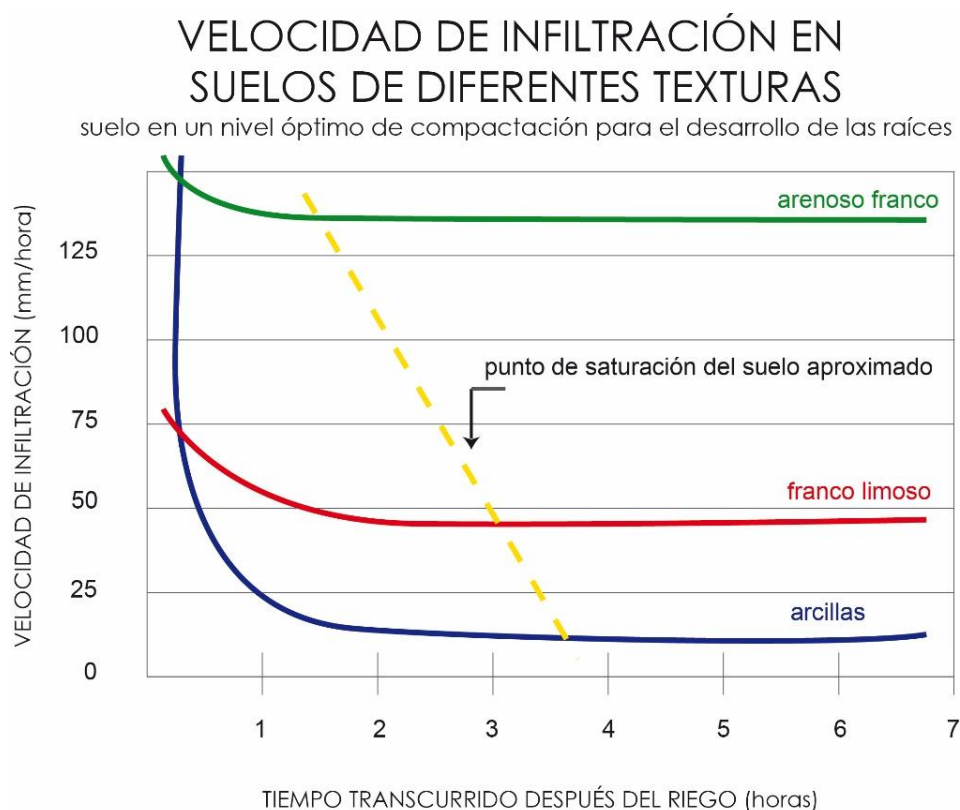


Ilustración 13: Velocidad de infiltración en relación con la textura del suelo.  
Fuente: Up by roots. James Urban. 2008.

En condiciones de plantación en suelos con tierras arcillosas, poco drenantes o compactados, con características físico-químicas que dificulten la aireación, la porosidad, la permeabilidad o la infiltración de agua en el suelo o en el caso de plantación de especies susceptibles a la asfixia radical, se aconseja instalar un sistema de drenaje formado por cañerías, drenes, tubos de drenaje, desagües, piezas especiales y capas de gravas, que debe hacer posible la evacuación del agua hacia posiciones más bajas o hacia el alcantarillado.



El tubo de drenaje debe colocarse en el fondo de los hoyos alrededor de la zona radical, formando un círculo, y debe llenarse con grava lavada. Con un conector de tipo T debe conectarse a un tubo colector que recoja el agua lejos del árbol. Sobre el tubo de drenaje debe colocarse una capa de áridos de unos 7 cm de grosor, de granulometría intermedia entre la del subsuelo y la de la tierra de relleno.

Cuando debajo de la capa de suelo poco drenante existiera otra drenante, deberán realizarse unas perforaciones verticales o drenes verticales, que deben hacer posible la evacuación del agua hacia capas más profundas.

Los drenes verticales deben practicarse de manera que conecten los hoyos o zanjas de plantación con la capa drenante profunda y deben llenarse de grava lavada o material poroso.

### **Operación de plantación**

Las fases de plantación son las siguientes:

- Hacer una base o plataforma de poco grosor con tierra consolidada en el fondo del hoyo o zanja de manera que el cuello quede previsiblemente enrasado con el nivel del suelo. Debe ser lo suficientemente firme para prevenir movimientos de asentamiento.
- Proceder a retirar los elementos accesorios, teniendo en cuenta lo siguiente:
  - o Si la planta viene protegida con malla metálica, deben realizarse cortes en el collarín de alambre y retirar su parte superior para evitar riesgos de estrangulamiento.
  - o Si la planta viene escayolada, se romperá y retirará el yeso sólo de parte inferior y se horadarán los laterales si ya no lo estaban.
  - o Si la planta viene protegida con material degradable, éste puede dejarse enterrado.
- Posicionar la planta en el hoyo o zanja teniendo en cuenta lo siguiente:
  - o Debe colocarse la planta en el nivel previsto, sin enterrar el cuello de la raíz y de la manera que quede centrada, vertical y estabilizada.
  - o Si la planta no pudiera ser sostenida manualmente por una persona, deberá utilizarse una grúa, protegiendo la corteza para no dañarla.
- Si procede, colocar el tutor, los tutores o anclaje subterráneo.
- Rellenar el hoyo o zanja con tierra de relleno, retacándola en intervalos de 30 cm de profundidad, introduciendo varias veces un palo o astil para asentarla dentro del hoyo de plantación y de manera que no queden bolsas de aire, facilitando el contacto de las raíces con la tierra.
- Nivelar y formar un hoyo de riego para la retención de agua de riego o de lluvia suficiente.

- Hacer un riego de asentamiento.
- Si hubiera asentamiento de tierra, añadir tierra enrasando hasta el nivel del cuello de la raíz y hacer un segundo riego de plantación. El cuello debe quedar enrasado con el nivel del suelo, ni enterrado, ni descalzado. Los trabajos deben realizarse con precaución para evitar que se disgregue el cepellón o se dañen las raíces, el tronco, el ramaje y el follaje.

Preferentemente debe tenderse a la utilización de las tierras extraídas si éstas son de textura franco-arenosa o arenosa, tanto para optimizar los recursos como para evitar un estrés a la planta cuando su sistema radical se desarrolle fuera del hoyo de plantación.

En cualquier caso deben utilizarse tierras de buena calidad agronómica, aptas para un correcto desarrollo del sistema radical.

### Alcorques de riego

En cualquier situación debe darse forma a un caballón alrededor del árbol para obtener un alcorque de riego temporal que permita la aportación de agua. La profundidad del alcorque debe ser de unos 20 cm y su anchura debe ser la del cepellón.

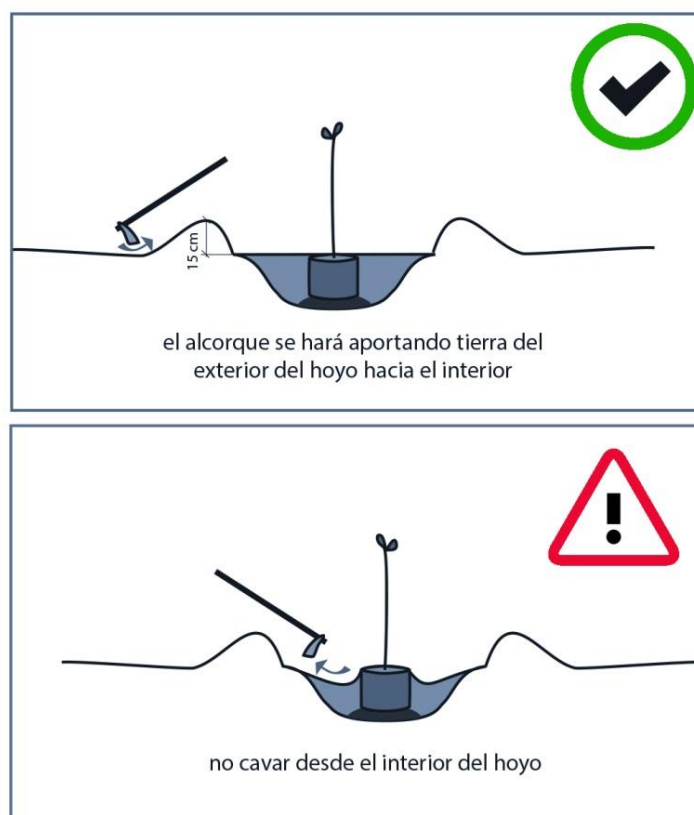


Ilustración 14: Forma correcta de realizar el alcorque de riego.

En una plantación en talud, el alcorque debe realizarse de manera que quede situado completamente por debajo de la pendiente original. El fondo del hoyo debe quedar plano o ligeramente inclinado en sentido contrario al del talud.

### **Riego de plantación**

Tras la plantación debe realizarse un riego, abundante, llenando el alcorque de riego, de manera que el suelo quede a capacidad de campo. La aportación de agua de riego debe hacerse a baja presión y de manera que no produzca descalces ni pérdidas de suelo.

#### **3.3.3. Plantación de palmeras**

El mejor momento para llevar a cabo la plantación de palmeras en el suelo abarca desde la primavera hasta mediados de verano.

Todas las palmeras se plantarán en contenedor adecuadamente arraigado, por lo tanto no será necesario atar las hojas para evitar el exceso de transpiración. Las plantas estarán aclimatadas a la zona.

Los hoyos deberán tener unas dimensiones lo suficientemente amplias en anchura y en profundidad como para acomodar todo el sistema radicular de las palmeras que se van a plantar. Se deberá comprobar que los hoyos drenan adecuadamente. Todos los ejemplares arbóreos de palmeras deberán fijarse con sistemas de sujeción subterránea durante la plantación.

La base del tronco deberá quedar a la misma altura a la que estaba anteriormente o ligeramente más enterrado. Se colocará el sistema de anclaje subterráneo y se aportará sustrato que se afirmará alrededor del cepellón. Este sustrato de relleno deberá contener la siguiente composición:

- 20 % de turba rubia.
- 20 % de arena.
- 60 % de tierra vegetal.

Este sustrato irá mezclado con un abono de liberación controlada de 8-9 meses que presente la siguiente formulación de 11-22-9-6Mg + Microelementos a una dosis de 100 gr por ejemplar. Finalmente, se realizará un alcorque temporal sobre el cepellón y se dará inmediatamente un abundante riego.

### 3.3.4. Trabajos complementarios

Durante la plantación o una vez terminada esta labor puede existir la necesidad de realizar otras labores complementarias.

#### Operación de acolchado

Se recomienda recubrir la mayor superficie posible del suelo alrededor de los árboles recién plantados con una capa de acolchado de unos 5-10 cm de grosor.

Las finalidades del acolchado son las siguientes:

- Proteger las raíces del frío y el calor al amortiguar las variaciones térmicas.
- Conservar la humedad del suelo en el área de acolchado.
- Aumentar la infiltración del agua y la aireación de suelo alrededor del cuello de la raíz.
- Aumentar el porcentaje de materia orgánica en el suelo (en acolchados orgánicos).
- Disminuir la presencia de hierbas espontáneas.

#### Sustentación artificial

Los árboles que no tengan asegurada su estabilidad deberán estar sujetos hasta su arraigo. Los tutores, vientos y demás medidas de apoyo tienen la función de anclar y de mantener en posición vertical los árboles recién plantados, y evitar así que éstos sean arrancados o derribados por el viento, o que puedan perder el contacto de las raíces con el suelo, ocasionando el fallo de la plantación.

Las funciones de la sustentación artificial en nueva plantación son las siguientes:

- Evitar movimientos que puedan ocasionar roturas de raíces.
- Mantener en pie las plantas mientras no sean capaces de sostenerse por ellas mismas.

Existen 2 modalidades, el entutorado o el anclaje subterráneo

#### Entutorado:

La ejecución del entutorado debe contemplar las consideraciones siguientes:

- El material, la altura y el grosor del tutor a utilizar vienen determinados por la medida de los árboles.
- No se debe dañar el ejemplar en la colocación del entutorado.

- El entutorado debe resistir golpes y actos vandálicos.
- Deben colocarse antes de rellenar el hoyo de plantación.
- Deben clavarse como a mínimo 50 cm por debajo del hoyo de plantación.
- El tutor simple debe colocarse en el lado por donde sopla el viento dominante.
- Se pueden utilizar dos, tres o hasta cuatro tutores.
- Las fijaciones al tronco debe estar hecha con material elástico.
- Deben retirarse a los dos años de la plantación.

### Anclaje subterráneo:

La ejecución del anclaje subterráneo debe contemplar las consideraciones siguientes:

- El cepellón se sujeta mediante la instalación de un cable o una estructura soterrada que se afianza a tres o cuatro puntos de anclaje al subsuelo.
- El cepellón debe estar protegido en la parte superior con un marco de madera.
- El sistema debe quedar fuertemente tensado.

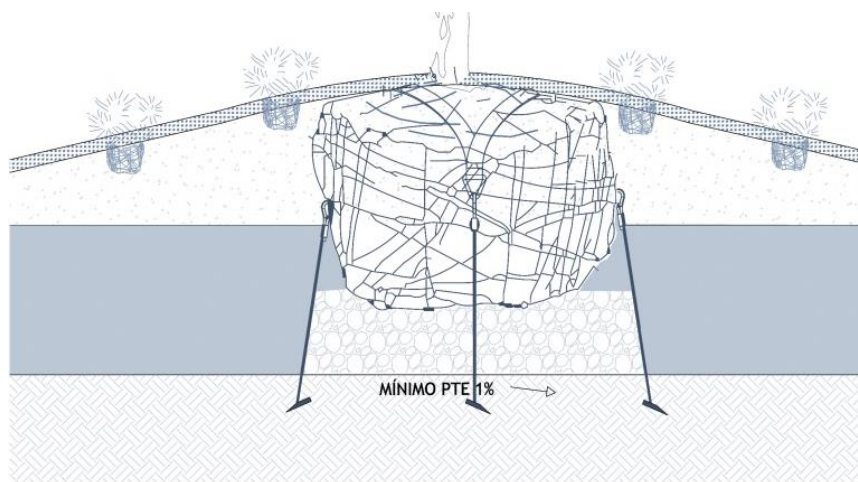


Ilustración 15: Anclaje de arbolado.

### Envenado o vendaje

Los vendajes se emplean en zonas con fuerte insolación y en especies sensibles. Puede ser recomendable colocar vendajes para evitar daños en la corteza, especialmente en el caso de árboles provenientes de viveros situados en zonas de condiciones climáticas mucho más favorables.

Los vendajes deben colocarse de manera que, ni por exceso de presión ni por un mal sistema de fijación, puedan perjudicar el correcto desarrollo de los árboles. Deben ser retirados como máximo al año de su colocación.

### **Instalación de barreras antirraíces**

Las barreras anti-raíces se utilizan para dificultar o limitar la penetración de las raíces de los árboles y prevenir o minimizar los daños que podrían ocasionar a pavimentos, cimientos, redes subterráneas de servicios, etc. En general se considera que si una barrera anti-raíces no es totalmente efectiva da una falsa sensación de seguridad. Para ser efectiva, debe ser totalmente impermeable al crecimiento de las raíces y suprimir cualquier actividad radical al otro lado, evitando la posibilidad de que alguna raíz pueda atravesarla por encima, por debajo, por los lados o a su través y proliferar al otro lado de la barrera.

La instalación debe llevarse a cabo siguiendo las especificaciones del proyecto y las instrucciones del fabricante. En cualquier caso, su instalación no debe suponer ningún menoscabo en la estabilidad del árbol.

El uso de barreras anti-raíces químicas, son inhibidores del crecimiento radical, debe hacerse sobre la base de su conocimiento técnico, obtenido a partir del estudio de su comportamiento, de su durabilidad, de su posible fitotoxicidad y de su posible toxicidad para las personas y el medio ambiente.

### **Tubos de aireación**

En suelos muy compactados o en alcorques viarios, se recomienda instalar tubos de aireación, que favorezcan la penetración de aire en la zona radical.

Los tubos de aireación deben colocarse alrededor del cepellón y tapar sus extremos con una tapa perforada.

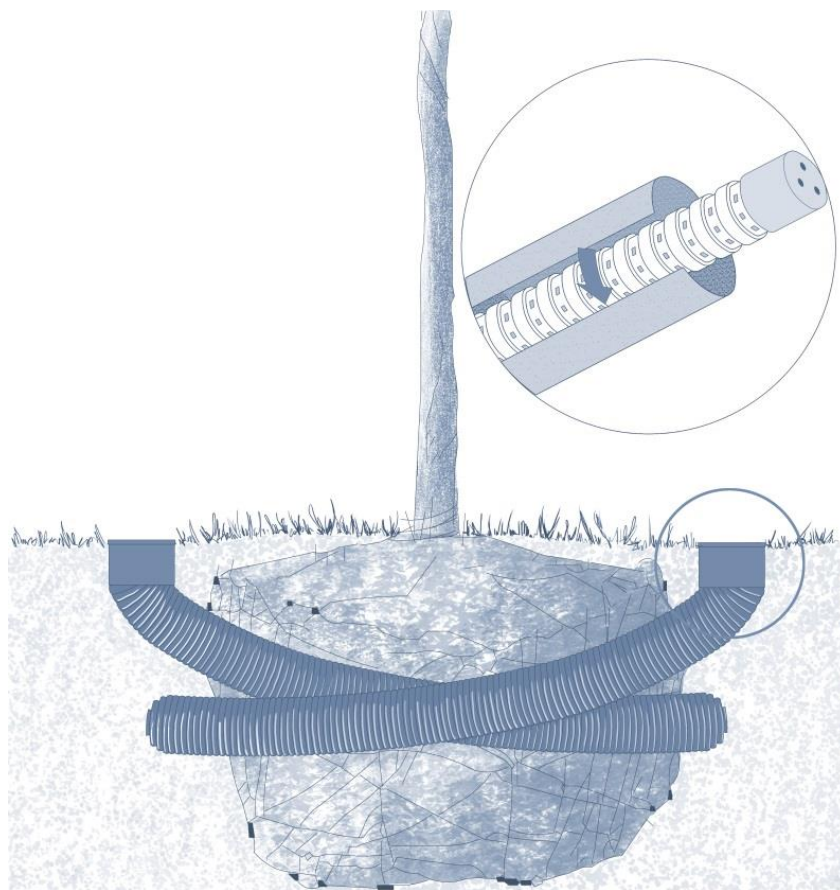


Ilustración 16: Tubo de aireación.

### Fitorreguladores

El uso de fito-reguladores puede ser de gran interés. Si bien, debe hacerse sobre la base de su conocimiento técnico, obtenido a partir del estudio de su comportamiento, de su durabilidad, de su posible fitotoxicidad y de su posible toxicidad para las personas o el medio ambiente.

#### 3.3.5. Época de plantación

La época adecuada de plantación depende del tipo de suministro (raíz desnuda, cepellón o contenedor), del tipo de árbol (hoja caduca u hoja persistente), de la especie, del clima tanto de lugar de plantación como del vivero, de la meteorología y del tipo de mantenimiento que se prevé llevar a cabo.

La plantación debe llevarse a cabo preferentemente en las épocas de poca actividad fisiológica del árbol. Tampoco se recomienda plantar en situaciones meteorológicas desfavorables.

ÉPOCA DE PLANTACIÓN DE ARBOLES Y CONÍFERAS											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Árboles de clima subtropical plantados en clima tropical											
De hoja caduca, de hoja perenne y coníferas con cepellón											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De hoja caduca, de hoja perenne y coníferas en contenedor											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Época preferente										
-	Época complementaria										

Tabla 5: Época de plantación de árboles y coníferas.



## 4. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL ARBOLADO

El mantenimiento se convierte en una herramienta fundamental para la conservación del dosel arbóreo urbano. El mantenimiento de la estructura de las arboledas es fundamental tanto para la seguridad de las ciudades como para la conservación de la biodiversidad.

Así mismo, se ha de tener en consideración que el diámetro de los árboles es un parámetro al que se deberá prestar atención en relación con la estructura y la biodiversidad urbana. Muchos estudios demuestran el vínculo entre el diámetro de los árboles (o área basal) y la abundancia de especies especialmente aves.

Por lo tanto, el objetivo será alcanzar el aspecto natural potenciando la biodiversidad, interviniendo lo menos posible en el árbol y teniendo como objetivo prioritario conservar los árboles que ya han alcanzado un porte grande o son maduros o ancianos.

### 4.1. SISTEMA DE INSPECCIÓN DEL ARBOLADO

Uno de los puntos fundamentales en la gestión del arbolado viario son las labores de inspección y diagnóstico que determinan el nivel de riesgo de cada ejemplar y la aplicación de posibles medidas correctoras.

#### 4.1.1. Gestión del riesgo del arbolado

La existencia de una elevada diana y, por lo tanto, un potencial riesgo, del árbol urbano obliga a conocer en todo momento el estado del arbolado de las calles. Por lo tanto, se establecen unas pautas básicas de evaluación que facilitarán su conocimiento y permitan anticipar posibles medidas correctoras.

Los objetivos de la gestión del riesgo del arbolado son los siguientes:

- Disponer de un protocolo de trabajo que garantice una gestión adecuada del riesgo del arbolado urbano.
- Planificar las tareas de evaluación del riesgo del arbolado.
- Unificar los criterios y las metodologías de evaluación del riesgo.
- Establecer los umbrales de tolerancia del riesgo.
- Llevar a cabo un registro sistemático de todas las observaciones y actuaciones efectuadas con relación al riesgo del arbolado urbano.
- Elaborar mapas de zonas de riesgo del arbolado urbano.
- Tener suficientes datos para poder tomar las decisiones preventivas y correctoras que se requieran.
- Realizar una valoración del patrimonio arbóreo y de los beneficios y riesgos que conlleva.

- Realizar una previsión de los recursos necesarios para la evaluación del riesgo y para las consiguientes medidas de atenuación.
- Tomar las medidas oportunas de comunicación a la ciudadanía
- Disponer de un registro estadístico de tipología de caídas por especie y por localización geográfica.

#### 4.1.2. Tipología de caídas en árboles

Existe una gran cantidad de tipos de caídas en árboles, que se pueden clasificar según el modelo de caída, sea por vuelco, sea por rotura. Las tipologías de caídas se pueden esquematizar de la siguiente manera:

- Caídas por vuelco o rotura radical, causadas por:
  - Reducción de anclaje debido a un sistema radical insuficientemente desarrollado o dañado.
  - Suelos degradados (suelos compactos, obras, pérdida de cohesión, etc.).
  - Disminución de la resistencia mecánica de las raíces (por ejemplo pudriciones, plantaciones en praderas o en zonas de césped),
  - excesiva inclinación del árbol.
- Caídas por rotura del tronco, tanto a nivel del cuello de la raíz como por encima del suelo, o por rotura de rama, causadas por defectos estructurales de los árboles.

#### 4.1.3. Componentes del riesgo

En los trabajos de evaluación y gestión del riesgo se deben tener en consideración 3 factores de riesgo:

- Los factores del árbol
- Los factores del entorno
- Las dianas

#### Los factores del árbol

En esta categoría se distingue a su vez tres factores: biológicos, dendromecánicos y dendroestáticos.

- Factores biológicos: comprenden aspectos anatómicos y fisiológicos, como son la estructura y anatomía de la madera. Las diferencias entre madera del tronco y madera de las ramas, la estructura de las uniones de ramas, las diferencias entre distintas especies, las estrategias generales de crecimiento de los árboles, las estrategias de respuesta a las cargas, los factores que influyen en la resistencia de la madera, el

proceso de descomposición de la madera, los tipos de descomposición de la madera, la vitalidad y la resiliencia de los árboles.

- Factores dendromecánicos: son aquellos que valoran las condiciones de resistencia de los árboles y de sus troncos y ramas. Entre otros, se deben tener en cuenta conceptos como la carga y el centro de carga, el momento flector, el brazo de palanca, el centro de fuerza, los esfuerzos de compresión, de tracción o de tensión, de cizallamiento o cortante y de torsión.
- Factores dendroestáticos: analiza las condiciones de equilibrio de las fuerzas en un árbol. Por lo tanto, tiene en consideración tanto la seguridad ante el vuelco, que viene dada por el potencial de fijación del sistema radical, como la seguridad ante la rotura del tronco. Deben tenerse en cuenta la fuerza de la gravedad, el centro de gravedad, el peso de la copa y tronco, el peso de la zona radical leñosa, la carga o fuerza del viento, el momento de inercia, el estado de equilibrio, la fuerza de vuelco, el momento de vuelco, la elasticidad, la madera residual y la geometría y diámetro de la sección.

Las especies de árboles tienen patrones distintos de comportamiento dendromecánico y dendroestático que deben conocerse al realizar una evaluación del riesgo. Cada especie tiene un perfil de fallos que proporciona información sobre los puntos de fallo más probables. Ese perfil de fallos es un punto de partida que debe contrastarse siempre que se inspecciona un ejemplar de una especie en una zona geográfica distinta a la habitual. Por otra parte, se tendrá en cuenta el distinto comportamiento de las especies de árboles en cuanto a fragilidad, propensión a tener pudriciones, chancros, grietas, uniones débiles, estructura pobre, problemas en el sistema radical, etc.

### Los factores del entorno

Los factores del entorno pueden tener una influencia significativa tanto en la probabilidad de caída como en sus consecuencias. Los cambios y las alteraciones del entorno, recientes o pasados, pueden incrementar o disminuir la probabilidad de caída y la probabilidad de impacto

Los aspectos a considerar en la evaluación del entorno son los siguientes:

- Los patrones de caídas previas.
- El terreno de plantación y afectaciones.
- Los patrones y efectos del viento local.
- Las características edáficas y geológicas.
- Las características del drenaje.

- Las alteraciones y perturbaciones que han tenido lugar.
- Las condiciones de restricción en el sistema radical.
- Las características propias del ejemplar.
- La historia del uso del suelo y los cambios en el lugar.

Como reacción a esta fuerza los árboles responden de las siguientes maneras:

- Adaptando aerodinámicamente el follaje, las ramillas y las ramas, en la inmediatez de un viento presente, o permanentemente si el viento es frecuente o constante.
- Reduciendo la altura o incrementando el diámetro del tronco.
- Alterando el crecimiento del sistema radical, en su longitud en la zona de tensión o tracción o en robustez en la zona de compresión.
- Formando uniones de ramas más gruesas.
- Cambiando las propiedades mecánicas de la madera, creando madera de reacción.

Las afectaciones en el sistema radical son responsables de la estabilidad del árbol. Las afectaciones más habituales son:

- Obras llevadas a cabo en el entorno del árbol (zanjas, compactación del terreno, rellenos de tierra, pavimentaciones).
- Condiciones pobres del suelo y del alcorque.
- Estrés medioambiental (sequías, encharcamientos).
- Plantación demasiado profunda.
- Terraplenado de la zona del cuello de la raíz.
- Plantación en pradera o en zona de césped.
- Presencia de raíces estranguladoras.
- Presencia de patógenos en el sistema radical.
- Accidentes varios.
- Estructura o textura inadecuadas del suelo.

### Las dianas

Se refiere a cualquier persona, bien o actividad que eventualmente puede resultar afectado en el caso de caída de un árbol entero o de una parte significativa de este. Se denomina zona de diana aquella zona donde puede caer un árbol o una parte significativa de este.

Debido a que un árbol, al caer, puede romperse y esparcirse sus restos, se emplea un radio 1,5 veces su altura.

Las zonas susceptibles de diana son cualquier zona donde haya actividad humana relevante.

## 4.2. LA PODA DEL ARBOLADO

Se deberá **priorizar la estructura natural** de cada especie, por lo tanto, se establece un criterio básico de "no intervención". En el caso de realizar acciones de podas éstas deberán ser respetuosas con el árbol y se realizarán con los criterios y técnicas correctas.

Las operaciones de poda dependerán de la especie, de la situación, de la función que desempeñan, de la edad, etc. A continuación, se ofrecen las pautas de poda que deberán seguirse. En cada caso concreto deberá hacerse una evaluación del estado sanitario y de las necesidades del ejemplar o grupo de ejemplares y se deberá especificar el diámetro mínimo o máximo de las ramas a eliminar, para establecer la extensión y severidad de la poda.

La frecuencia de mantenimiento puede ser muy variable dado que dependen de la especie, de los condicionantes correspondientes a la localización del ejemplar (clima, microclima, suelo, urbanísticos, etc.) y de la tipología de plantación, por lo que las recomendaciones deben tomarse únicamente a título orientativo, estableciendo en cada caso la frecuencia o la periodicidad, el tipo y la severidad de poda.

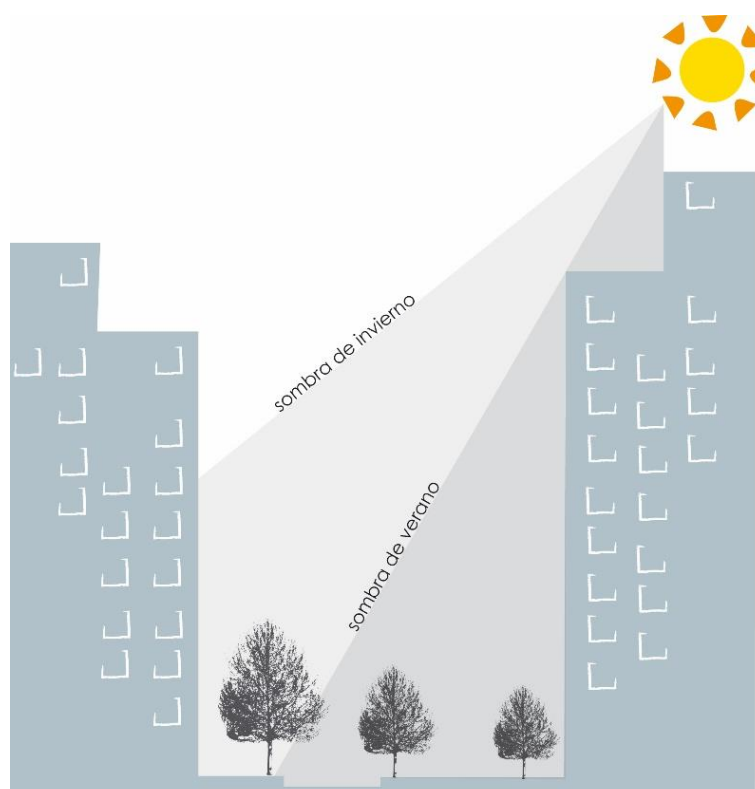


Ilustración 17: Influencia de la sombra en el desarrollo del arbolado urbano.

#### 4.2.1. Objetivos de la poda

Los objetivos de la poda son los siguientes:

- Mantener un desarrollo adecuado de los ejemplares.
- Adecuar el árbol a las necesidades de uso del espacio.
- Evitar el desprendimiento de ramas.
- Evitar el rozamiento de ramas que podrían causar daños.
- Evitar que el ramaje bajo afecte al paso de peatones y a vehículos.
- Descargar de peso a aquellos árboles con riesgo de caída o rotura.
- Formar correctamente los árboles.
- Proporcionar una mayor belleza al ejemplar.
- Conseguir el máximo desarrollo de las copas de los árboles.
- Reducir la incidencia de plagas y enfermedades.

No se podría podar si no existe ninguno de estos motivos y sin tener un claro objetivo.

En cualquier caso, siempre se deberá intentar respetar al máximo la biología del árbol y adaptar el tipo de poda practicado a su forma y estructura características.

Las distintas especies presentan respuestas distintas al sistema de poda practicado, tanto por lo que hace referencia al corte de poda, como a la severidad, época, tipo y periodicidad de poda. Esta respuesta depende de su aptitud para cerrar las heridas de poda, de la resistencia de la madera a la descomposición y de la velocidad de crecimiento del ramaje.

Antes de realizar una poda se deberán determinar claramente los objetivos que se pretenden alcanzar, y deberán estar predefinidos por el responsable técnico.

La poda de ramas muertas, débiles o afectadas por plagas o enfermedades puede llevarse a cabo en cualquier época del año. La poda de ramas sanas se llevará a cabo en las épocas de poca actividad fisiológica, evitando los períodos críticos de la brotación y de la senescencia foliares, que dependen de la especie y de las condiciones climáticas del lugar.

#### 4.2.2. Herramientas de poda

Las herramientas de poda usadas deberán ser las apropiadas. Las herramientas manuales deberán estar bien afiladas y desinfectadas con formulaciones expresamente autorizadas para desinfección de herramientas de poda, o bien con productos alternativos, por ejemplo, lejía doméstica diluida al 8% o alcohol etílico de 96-97<sup>a</sup> y mantenidas de acuerdo con los manuales de instrucciones facilitados por los fabricantes.

La desinfección de las herramientas se deberá hacer lo más a menudo posible, de manera obligada al acabar la jornada, al cambiar la zona y, si hay riesgo elevado de infección, al cambiar de árbol, especialmente cuando se encuentren pudriciones o similares.

HERRAMIENTAS DE CORTE APROPIADAS	
Operación de poda	Herramientas apropiadas
Herramientas manuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sierra de mano</li> <li>• Sierra de pértiga</li> <li>• Tijeras de podar de una mano</li> <li>• Tijeras de podar de dos manos</li> <li>• Tijeras de pértiga o telescópicas</li> </ul>
Herramientas mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tijeras neumáticas</li> <li>• Motosierra</li> <li>• Motosierra de pértiga</li> </ul>

Tabla 6: Herramientas de corte apropiado.

No se usarán nunca ni hachas, ni tijeras de recortar setos. Las tijeras de podar de corte son más recomendables que las de cizalla.

En el caso de poda en proximidad a líneas eléctricas se utilizarán tijeras telescópicas o de pértiga aislantes.

En general no está recomendado el uso de pinturas cicatrizantes, ya que, en algunos casos, en vez de proteger las heridas, puede potenciar el desarrollo de podredumbres fúngicas o bacterianas.

#### 4.2.3. Equipos de acceso

Hay que usar máquinas que garanticen la seguridad del podador y que sean inocuos para los árboles.

En los trabajos de poda de arbolado deberán usarse máquinas o equipos de seguridad en buen estado. Los equipos y las máquinas deberán ser mantenidos de acuerdo con los manuales de instrucciones facilitados por los fabricantes.

EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA PODA DE ARBOLADO	
Seguridad personal de poda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casco de seguridad ( en trabajos con motosierra, con auriculares)</li> <li>• Gafas de protección</li> <li>• Pantalón de protección 180°-360° para motosierra</li> <li>• Botas de seguridad con puntera de acero o de protección para motosierra</li> <li>• Guantes de cuero (o de malla metálica, para tijeras neumáticas)</li> <li>• Mascarilla antipolvo (opcional)</li> </ul>
Seguridad en altura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arnés de seguridad y eslinga</li> <li>• Equipos de trepa: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuerdas de trepa, salvacámbium y demás material</li> <li>- Escala de espeleología o similar (complementaria)</li> <li>- Bicicleta (complementaria)</li> <li>- Otros equipos equivalentes</li> </ul> </li> <li>• Máquinas de acceso: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plataforma hidráulica</li> <li>- Escalera hidráulica</li> <li>- Grúa</li> <li>- Cesta elevadora</li> </ul> </li> <li>• Aparejos de acceso <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escalera de mano</li> <li>- Escalera de tijera</li> <li>- Andamio transportable.</li> </ul> </li> </ul>

Tabla 7: Equipos de seguridad para poda de arbolado.

Como máquinas complementarias en los trabajos de poda se emplea el equipo de trituración, los camiones para las máquinas de acceso y los de recogida de restos de poda.

#### 4.2.4. Inspección técnica de poda

La inspección técnica de poda deberá ser llevada a cabo por personal técnico especializado, al realizar el programa de poda, o para corregirlo, y antes de llevarla a cabo, de acuerdo con el plan de gestión del arbolado.

El técnico determinará los métodos visuales, los análisis instrumentales y los ensayos que crea oportunos.

En los árboles pequeños de fácil alcance, se puede podar directamente desde el suelo mediante herramientas telescópicas. A mayor altura se deberán emplear equipos de seguridad en altura, arnés de seguridad, eslinga y equipo de trepa o una máquina de acceso.

En la trepa no se deberán emplear espuelas o similares, ya que producen heridas en el tronco que pueden ser irreversibles.



Se evitará trepar a los árboles en las épocas en las que la corteza se desprende con más facilidad (brotación y caída de hojas).

Antes de acceder al árbol se deberá hacer un examen visual para localizar posibles peligros para el podador, tanto los propios del árbol (pudriciones, ramas rotas, etc.) como los externos (presencia y situación de cables eléctricos, etc.).

Los trabajos de poda deberán ser realizados por podadores cualificados que deben conocer las necesidades y la biología de las distintas especies así como las normas de seguridad que deben aplicar en los trabajos. Es esencial usar en cada caso la técnica de poda adecuada, ya que una operación incorrecta puede causar daños que permanecerán en el árbol durante el resto de su vida, comprometiendo su estructura y salud y convirtiéndolo en un árbol peligroso.

#### 4.2.5. Eliminación de ramas

Como regla general se considera que los cortes de menor diámetro son más fáciles de cerrar y por lo tanto causan menos daños al árbol que los grandes.

Los cortes deberán ser siempre limpios y no deberán provocar desgarros, por lo que se deberán usar las herramientas de corte adecuadas, un buen estado y bien afiladas y desinfectadas. Para ramas de cierto peso (siempre que no se pueda aguantar la rama con una mano), se seguirá la regla de los tres cortes, es decir, antes del corte definitivo se harán primero dos cortes de descarga. El primer corte se situará a unos 30-45 cm del cuello de la rama y no deberá ser demasiado profundo para evitar el bloqueo del serrucho (aproximadamente un 30% de diámetro de la rama). Mediante el segundo corte, situado un poco más hacia el exterior, la rama se romperá y caerá. Con el tercer corte, realizado tal y como se especifica en el apartado siguiente, se eliminará el muñón resultante sin peligro de desgarre.

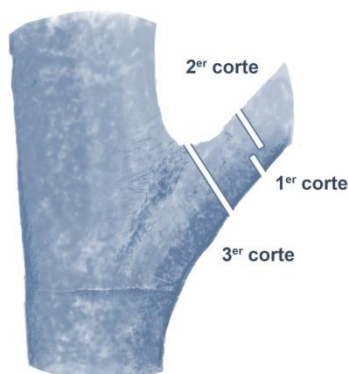


Ilustración 18: Regla de los 3 cortes.

Para la eliminación de grandes ramas, se usarán, si se considera necesario, cuerdas, poleas y retenciones tanto para su sujeción durante la poda como para el apeo de la rama. Si fuera necesario se eliminará la rama sucesivamente en varias porciones. En todo caso se deberá tener en cuenta la dirección prevista de caída para prevenir posibles accidentes tanto a trabajadores como a peatones, así como evitar daños a bienes y a otras ramas o a la vegetación circundante.

El corte de poda se realizará en el lugar correcto para posibilitar la mejor respuesta del árbol en cuanto al crecimiento y al cierre de la herida. El corte de ramas laterales se realizará sin dañar los límites externos del cuello de la rama, respetando la arruga de la corteza y el engrosamiento de la rama. No hay un ángulo de corte preestablecido, ya que depende en cada caso particular.



Ilustración 19: Corte correcto de una rama.

En el corte se dejarán siempre intactos el cuello de la rama y la arruga de la corteza, ya que son el origen del labio de cierre de la herida, el cual forma la cuarta barrera del sistema de protección propio del árbol, según establece la teoría de la compartimentación. El objetivo del corte correcto es que el labio se forma de manera adecuada y haya un cierre lo más rápido posible, para minimiza la formación de pudriciones internas. En el caso de una rama lateral muerta, el árbol forma un labio de cierre de herida que abraza la base la rama seca. Cuando ésta se poda se deberá dejar este labio intacto, eliminado sólo la madera muerta.



Ilustración 20: Tocón seco en rama por una poda incorrecta.

Una poda rutinaria no implica necesariamente una mejora de la salud del árbol. La supresión de follaje mediante la poda reduce el vigor del árbol, hace disminuir sus reservas energéticas y hace mermar su sistema radical. Una poda severa puede significar una disminución de la salud del árbol y es el origen de cavidades y pudriciones que a la larga comportarán un anclaje inseguro de las nuevas ramas, con mayor riesgo de rotura, y un incremento de las futuras operaciones de poda.

El total de tejido vivo que puede ser eliminado de un árbol como máximo depende de la especie, de su tamaño y de su edad. Es aconsejable no superar el 25% de follaje eliminado. Los árboles más jóvenes toleran en mayor medida la severidad de poda que los árboles adultos. Una regla general es que un árbol cierra más fácilmente una serie de pequeñas heridas que una herida más grande.

Otra regla general de la poda es que ninguna rama deberá ser podada sin ningún motivo.

## 5. EL TRASPLANTE DEL ARBOLADO

En ocasiones puede ser necesario requerir del trasplante de algunos ejemplares del arbolado urbano, debido a alteraciones del entorno, que dada la calidad del ejemplar pueden requerir el desplazamiento a otros lugares. Esta labor puede ser de interés siempre y cuando se garantice su viabilidad. Para ello se deberá tener en consideración el estado del árbol y cuáles son las técnicas más adecuadas para que no supongan su deterioro en su desplazamiento.

Las pautas señaladas a continuación tienen por objeto establecer el protocolo a seguir en el trasplante del arbolado.

Independientemente de que pueda ser necesario aplicar compensaciones y cumplir las disposiciones legales establecidas al efecto en cada localidad, en la toma de decisión acerca de la realización o no del trasplante de un árbol singular se debe seguir el siguiente proceso:

- La viabilidad del trasplante del árbol singular está condicionada a una merma del valor del mismo, a una disminución de su vida útil o a un riesgo para el árbol que sí son significativos: el árbol no debe ser trasplantado.
- Si el riesgo para la vida del árbol es grande o el valor del mismo disminuye hasta tal punto que perdería la calificación de singular: no se debería autorizar el trasplante.

Por lo tanto, las labores de traslado de un ejemplar se deben realizar con las suficientes garantías de viabilidad en relación con la edad, vigor, especie, etc. de cada ejemplar. Pero también con su pérdida de calidad.

El objetivo inicial será siempre evitar el trasplante, dado que esta operación genera un alto nivel de stress en el árbol debido a los daños y los cambios morfológicos que se producen en el ejemplar. La capacidad de tolerar esta situación se encuentra muy relacionada con la señalada edad y vitalidad de cada ejemplar. Por lo tanto, cuanto mayor sea el ejemplar y menor vitalidad posee, existirán mayores probabilidades de fracaso o de que el árbol se vea seriamente afectado. Por otra parte, se ha de tener en consideración que muchas especies presentan una tolerancia moderada al trasplante, lo que obligará a cumplir estrictamente los requisitos expuestos en el presente documento.

Para ello se deberá proceder a las unas labores preparatorias que garanticen su posterior enraizamiento.

## 5.1. ÉPOCA DEL AÑO

A la hora de establecer la época del año más recomendable para realizar esta labor, se deberá tener en consideración la tipología a la que pertenece la especie en cuestión.

Otros factores a considerar son, la estación del año, el estado fisiológico y de crecimiento, el tiempo empleado en la ejecución del trasplante, las peculiaridades del lugar de destino, el tempero del terreno y los cuidados post-plantación.

## 5.2. TRABAJOS PREVIOS DE PLANIFICACIÓN

Una vez que se ha estudiado y decidido cuál es el ejemplar que se considera a trasplantar, será recomendable su localización en un plano de situación y su marcaje *in situ* para evitar inadecuadas interpretaciones, así como proceder a la protección de su área radicular.

Antes de proceder a las operaciones de excavación se deberán:

- Definir los posibles recorridos que realizará la maquinaria en las tareas de trasplante, con la finalidad de prever los posibles problemas de maniobra o acceso.
- La planta a trasplantar deberá encontrarse correctamente hidratada.
- En relación con las dimensiones del ejemplar (calibre, altura, ancho de copa, etc.) se ajustarán las medidas del cepellón a extraer.
- Marcaje de la orientación del árbol.

Bajo ningún concepto se justificarán trabajos de poda que alteren la estructura natural del árbol. La poda de los ejemplares deberá ser lo más reducida posible y siempre bajo los criterios y la supervisión de la Dirección.

## 5.3. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS Y SANEAMIENTO

Antes de realizar el trasplante se tratarán las posibles enfermedades, plagas u otras fisiopatías que afecten al ejemplar. Si fuese necesario, convendrá realizar una limpieza de copa, retirando toda la madera muerta que existiese. Se aplicará, semanas antes, un abono granulado rico en potasio y con total ausencia en nitrógeno.

Se aconseja suprimir las inflorescencias y frutos de las especies a trasplantar.

El estado hídrico de la planta es un factor básico por lo que se deberá de cuidar para mantenerlo correctamente. Se deberá regar días antes abundantemente con el objetivo de que las plantas se encuentran correctamente hidratadas en el momento de su trasplante.

Tal y como se ha mencionado, a pesar de cierta pérdida en el volumen del sistema radical no se deberá podar la parte aérea, manteniendo el máximo ramaje estructural. No se justificará en ningún caso la pérdida de calidad del ejemplar.

#### 5.4. DIMENSIONES DEL CEPELLÓN

Para los cálculos de las dimensiones de los cepellones se ha tenido en cuenta el libro *The Body Language of Trees* de C. Mattheck (2013).

En la tabla expuesta a continuación se establecen las medidas mínimas recomendadas del cepellón, en relación con las dimensiones de cada ejemplar.

Diámetro de árbol (cm)	Diámetro de cepellón (m)	Altura cepellón (cm)
30	2,5	100
40	3,25	100
50	3,75	110
60	4,25	110
70	5	120
80	6	130
90	7	140
100	8	140

Tabla 8: Medidas del cepellón a partir del diámetro. Fuente: C. Mattheck (2013).

Para la estimación de peso de los cepellones se ha tomado como valor medio de densidad de tierra 1.800 kg/m<sup>3</sup>. Una vez determinadas las dimensiones del cepellón, se calculará el tonelaje del ejemplar con cepellón para prever la maquinaria más adecuada.

#### 5.5. LABORES DE TRASPLANTE

Tal y como se ha comentado en el punto anterior, se determinará con precisión las dimensiones del cepellón. Estos trabajos, con objeto de evitar el daño de las raíces, se realizarán preferentemente a mano.

- Todas las raíces dañadas deberán ser correctamente cortadas.
- Las eslingas y bragas empleadas para su traslado deberán estar acolchadas para evitar cualquier daño a la planta.

Es conveniente que durante esta fase se comience con los trabajos de preparación del hoyo en el lugar de destino.

## 5.6. FORMACIÓN DEL CEPELLÓN

Se abrirán cuidadosamente zanjas anchas que permitan un correcto trabajo de extracción con la profundidad establecida para cada ejemplar, variables según la especie y las características del suelo, a la distancia prevista de acuerdo con el apartado anterior para conformar el cepellón.

En caso de abrir las zanjas con medios mecánicos, el cepellón inicial se excavará algunos centímetros más y se perfilará manualmente el cepellón definitivo. Las raíces que salgan del cepellón se eliminarán con cortes correctos.

Durante el tiempo que duren las operaciones de trasplante se asegurará que el cepellón se encuentre siempre húmedo y protegido de una insolación elevada.

Una vez realizadas las zanjas alrededor del individuo, se recubrirá la parte superior y los laterales del cepellón con tela de arpillera dejando que cubra todo el cepellón hasta la base del mismo, una vez que se hayan cortado las raíces basales.

El ejemplar se extraerá alzándolo únicamente por el cepellón y nunca desde el tronco. Excepcionalmente, y con objeto de mantener el equilibrio, se podrá fijar una eslinga en la base del tronco con las protecciones adecuadas.

Se fijará el ejemplar con unas eslingas por uno o más puntos del tronco, que se determinarán con otro punto situado en el cepellón para encontrar la resultante de los momentos de fuerza más óptima (véase imagen inferior).

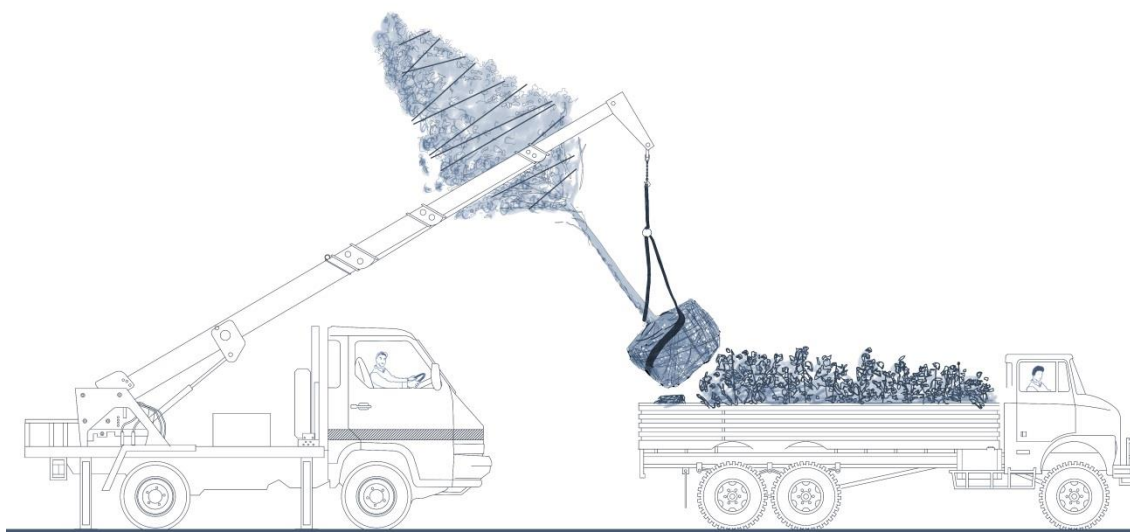


Ilustración 21: Descarga de la planta.

Las eslingas del tronco se colocarán con cuidado para no herir la corteza, muy especialmente en aquellas especies de madera blanda y palmáceas.

Se deberán colocar maderas y telas de yute alrededor del cepellón protegiendo su estructura.

## 5.7. TRASLADO

Durante todo el manejo, desde el arranque hasta la plantación, las plantas deberán protegerse de posibles daños mecánicos y de la exposición de la insolación, al viento o a temperaturas extremas, tanto el frío como el calor.

En la preparación deberán atarse las ramas con cintas o telas anchas de manera que éstas queden recogidas lo máximo posible sobre el tronco, pero sin que se rompan o dañen.

Deberá escogerse la dimensión del camión o contenedor en función del tamaño de la planta, de manera que éstas quepan en toda su dimensión. Muy excepcionalmente, si las plantas se apilan unas encima de otras, deberá hacerse de manera que no resulten dañadas. Las plantas más robustas deberán ir colocadas en la parte inferior y las más frágiles en la superior.

Se tendrán en consideración las siguientes observaciones:

- Se deberá asegurarse que el cepellón está convenientemente asegurado y compacto.
- Se evitarán realizar estas labores durante los días con condiciones meteorológicas adversas: altas o bajas temperaturas, viento o lluvia.
- El traslado se realizará sobre un vehículo, nunca desde la grúa. Motivo por el que se deberá estudiar cuidadosamente la ruta que seguir por el vehículo teniendo en consideración las dimensiones tanto del árbol como del vehículo.
- Tanto la parte área como el cepellón deberá estar protegido en todo momento.

La planta deberá ser descargada directamente en el hoyo de plantación.

## 5.8. LABORES DE PLANTACIÓN

El ejemplar extraído deberá depositarse sobre el hoyo de plantación exactamente con la misma orientación. Así mismo, su profundidad de plantación será la misma que la que poseía en su lugar de origen.

Previo al procedimiento de plantación se habrá realizado el hoyo con un tamaño de un 25 % superior al tamaño del cepellón y prácticamente la



profundidad del cepellón. Tras su finalización se realizará una prueba de infiltración que confirme la existencia de un adecuado drenaje.

La tierra que se utilice en la plantación poseerá una textura arenosa con una enmienda de materia orgánica vegetal, que favorezca una adecuada oxigenación, propicie el crecimiento del sistema radical y evite el encharcamiento.

Es conveniente, con la finalidad de evitar posibles desplazamientos que dificulten el enraizamiento, que el árbol se ancle firmemente con 2 o 3 tutores.

Finalmente, se realizará un alcorque sobre el cepellón que garantice la correcta y copiosa hidratación de la planta. El primer riego se realizará a base de aminoácidos libres al 9,3% productos de efecto bioestimulante, absorbido vía radicular. Su empleo potencia el desarrollo de las raíces, la asimilación de los nutrientes y su transporte al interior de la planta.

Transcurrido 15 días y, en relación con la época del año, se procederá a un primer abonado a base de Fosfato monopotásico (56 P - 46 K), que acelere la formación de raíces, endureciendo los tejidos y evitando un exceso de transpiración. No se recomienda en esta fase el aporte de nitrógeno (N).

Como remate final, toda el área de plantación deberá cubrirse con un acolchado de madera triturada de 5-10 cm de espesor lo que favorecerá la regeneración radicular y disminuirá la evapotranspiración.

## 5.9. MANTENIMIENTO

La conservación del ejemplar tras el trasplante y la plantación representa el 50% del éxito de la operación. Por muy bien que se hayan realizado las operaciones anteriores, si no existe un correcto mantenimiento durante el periodo de consolidación (2-4 años), el trasplante puede ser un fracaso.

Se cuidará de mantener un adecuado régimen hídrico vigilándose tanto los defectos como los excesos de riego en las plantas trasplantadas. Se aportará agua con una frecuencia que variará dependiendo de la época del año, con alrededor de 15-20 riegos al año. La dotación hídrica irá en relación con el tamaño del ejemplar, estimándose de 200 litros cada 10 cm de diámetro. Los riegos deberán ser espaciados y profundos, asegurándose que existe un correcto drenaje.

Después del trasplante y durante la primera época de crecimiento de las nuevas raicillas, antes de que éstas alcancen su plena funcionalidad, no es recomendable hacer aportaciones de fertilizantes nitrogenados. Tras un periodo de dos o tres semanas, se aportarán abonos ricos en fósforo y potasio que favorezcan la rizogénesis. Así mismo, existirá un control que evite

la aparición de plagas y enfermedades, lo que acentuará la situación de stress de los ejemplares trasplantados. En general, se debe estar atento a cualquier variación del estado fitosanitario, no olvidando que este momento es especialmente sensible a la aparición de plagas oportunistas. Por otra parte, un buen plan de abonado ayudará a corregir la deshidratación de la planta.

Se realizará, si fuese necesario el saneamiento de la parte aérea para aquellas ramas o ramillas que se han podido dañar en el traslado. Se deberá controlar periódicamente el estado del árbol trasplantado, para comprobar su estabilidad, hasta que se encuentre firmemente asegurado. Debe poder detectarse cualquier movimiento del cepellón o de la base del ejemplar.

Los tutores y anclajes se verificarán periódicamente, en especial tras periodos de fuertes vientos fuertes y las lluvias copiosas.

## 6. MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL ARBOLADO

Es habitual el desarrollo de obras de ejecución en áreas donde se encuentra establecidos ejemplares valiosos de arbolado que se pueden ver muy afectados. En este apartado se definen tanto las áreas de protección, como las medidas técnicas más adecuadas para su salvaguarda.

Por lo tanto, se trata de establecer un conjunto de instrucciones para la protección de los árboles durante la construcción y ejecución de proyectos en zonas verdes o en viario donde existan árboles establecidos. Para ello, como norma general, todas las zonas alrededor del arbolado establecido se deberán proteger del tránsito de personas y maquinaria y de cualquier otra actividad ajena a las labores de conservación y recuperación de las zonas verdes.

Para ello, lo primero que debemos establecer son cuáles serán los criterios de protección y las dimensiones establecidas y, a continuación, deberemos delimitar con vallas y cerramientos todas las zonas que habremos definido como zonas "Áreas de protección del árbol".

Estas áreas estarán exentas de cualquier actividad agresiva que implique la alteración del terreno que ocupa el sistema radicular de los árboles establecidos, entendiendo que estas actividades pueden dañar de forma irreversible la calidad del arbolado y comprometer su supervivencia.

Las medidas de protección y señalización previstas tienen que ser llevadas a cabo con anterioridad al inicio de las obras y muy especialmente antes de la entrada de cualquier maquinaria. Los daños directos más importantes se suelen ocasionar durante las obras de demolición.

Hay que procurar que estas medidas de protección y señalización se mantengan de manera que sigan sirviendo para su cometido durante todo el transcurso de las obras.

### 6.1. DAÑOS EN EL ÁRBOL URBANO

De no tomar en consideración esta protección a corto plazo podremos detectar unos síntomas claros de árboles sometidos a daños por las labores de construcción. Existen numerosas señales que expresan diferentes tipos de problemas derivados de la ejecución de obras en los entornos próximos a los árboles. A continuación señalamos los más significativos:

- ✓ Pequeña elongación de los brotes anuales.
- ✓ Hojas pequeñas y amarillentas.
- ✓ Follaje escaso.
- ✓ Hojas con socarrina o necrosis marginal.

- ✓ Punteaduras sobre el limbo foliar.
- ✓ Coloración otoñal y caída precoz de las hojas.
- ✓ Crecimientos epicórmicos.
- ✓ Generación de gran cantidad de semillas.
- ✓ Muerte de ramillas.
- ✓ Muerte de ramas.
- ✓ Heridas irregulares en tronco o ramas.
- ✓ Presencia de barrenillos u otras plagas relacionadas.
- ✓ Descomposición de heridas.
- ✓ Debilitamiento y escaso vigor.
- ✓ Muerte.

Estos daños pueden ser causados por múltiples causas entre las que destacamos:

- ✓ Daños mecánicos por el paso de vehículos y maquinaria.
- ✓ En la realización de movimientos de tierras (rebaje o relleno).
- ✓ La compactación e impermeabilización de tierras por maquinaria pesada.
- ✓ El almacenamiento de desechos o materiales de construcción.
- ✓ La apertura de zanjas y otras excavaciones.
- ✓ El deterioro mecánico de zonas profundas o superficiales donde están las raíces.
- ✓ El encharcamiento de agua en la zona de las raíces.
- ✓ La modificación del nivel freático.
- ✓ La contaminación por vertidos químicos.
- ✓ El fuego.
- ✓ Los cambios en el entorno del árbol (por ejemplo en la exposición al sol o al viento).
- ✓ Actos de vandalismo.

Las consecuencias de estas intervenciones dan lugar a problemas de suma relevancia:

- ✓ Compactación y como consecuencia pérdida parcial de su sistema radicular.
- ✓ Limitación a la incorporación de aguas pluviales.
- ✓ Alteraciones del entorno: pavimentaciones, zanjas y obras de todo tipo alteran constantemente el suelo urbano, afectando al suelo y a las raíces del arbolado.
- ✓ Agresiones accidentales: las propias obras causan un buen número de agresiones, especialmente en los troncos, pero también el sistema radicular.

- ✓ Podas abusivas: actualmente es bien conocida la relación directa entre las podas agresivas y la pudrición de las estructuras principales del árbol. Su actuación deberá estar completamente prohibida.

### 6.1.1. Información a los operarios

Antes del comienzo de las obras, es conveniente informar a todos los operarios que desarrollarán trabajos de todo tipo. En dicha comunicación se deberá recalcar la importancia de la vegetación establecida, el significado de la señalización y, si es el caso, de las sanciones por daños ocasionados.

Así mismo, se les debe informar entre otras cuestiones, como las siguientes:

- Que el arbolado existente no puede usarse como herramienta de apoyo de trabajos en la obra.
- Que no se pueden colgar o apoyar herramientas, máquinas, vehículos, cuerdas, cables, rótulos ni otros elementos de señalización en el arbolado.
- Que deben conocer las especificaciones del plan de protección ambiental y las de este Pliego de Condiciones que afecten a la obra.
- La función de los espacios delimitados como las zonas de protección o las zonas de seguridad radical, y su respeto como zonas de exclusión.
- Que no se permite la instalación de casetas de obra en las zonas de protección.
- Que no se permite ubicar depósitos de materiales de construcción en las zonas de protección.
- Que no se permite depositar ni tirar materiales residuales de la construcción, como por ejemplo: escombros, cemento, disolventes, combustibles, aceites aguas residuales.
- Que no se permite hacer fuego.
- Que no se permite transitar con maquinaria en las inmediaciones de las zonas de protección.
- Que no se permite modificar el nivel del suelo.

## 6.2. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DEL ARBOLADO

Los trabajos para la protección del arbolado no deben demorarse hasta el inicio de las obras, puesto que entonces pueden resultar inútiles. Las medidas de protección deben realizarse antes de la entrada de cualquier maquinaria.

La necesidad, el grado y el momento de cada medida de protección dependen fundamentalmente de la especie que hay que proteger, de su ubicación, así como del tipo y de la duración de los trabajos de construcción.

La protección física puede consistir en la protección de las áreas de plantación o la protección individual. Siempre es preferible la protección de áreas de plantación sobre la protección individual, puesto que aquella es más efectiva.

Se prohibirá explícitamente la utilización de zonas con plantaciones como área de aparcamiento de vehículos o maquinaria.

Zona de protección de las áreas de plantación se acotará para evitar daños. Esa necesario delimitar esta área rodeándola por una valla suficientemente estable y resistente. En ningún caso se puede aceptar como valla de protección el cierre con una cinta de plástico.

La valla debe ser de uno de los tipos siguientes:

Valla simple móvil, metálica y articulada, generalmente de 1,5-2 m de altura, con anclaje de pies de hormigón suficientemente pesados.

Barrera de seguridad rígida portátil, ya sea de hormigón o de plástico llena de agua. Valla prefabricada o elaborada para este uso, de madera o metálica, con una altura mínima de 1,2 m siendo recomendable de 1,8 m.

La valla de protección debe rodear completamente el área de plantación de forma que proteja los elementos vegetales de posibles daños mecánicos como, por ejemplo: golpes, heridas y otros daños a la corteza el tronco, las ramas o las raíces, producidos por vehículos, maquinaria de construcción o por acciones de tipo laboral.

La zona de protección se define en su apartado correspondiente.

Independientemente del acotamiento del área de protección, también es conveniente establecer un sistema de protección para el tronco. Esta estructura se dispone a su alrededor formada por unas maderas atadas entre sí, de forma que protejan un mínimo de 2 m de altura del tronco y no perjudiquen al árbol. Debe dejarse apoyar dicha estructura directamente sobre el suelo y nunca debe colocarse directamente sobre las raíces. Hay que proteger con material las zonas siguientes:

- Las maderas por dentro.
- Las zonas de contacto de las ataduras con la corteza.
- Si fuera necesario, la zona del cuello de la raíz.

Así mismo, se puede estudiar también la posibilidad de protección del tronco mediante neumáticos u otras soluciones equivalentes.

### Protección individual

Si se considerase necesario, se atarán hacia arriba las ramas bajas o colgantes que puedan molestar, de forma que no se rompan ni se estropeen. Debe conocerse el gálibo de la maquinaria a utilizar y las condiciones topográficas y logísticas del lugar para poder decidir sobre la autorización de su entrada en aquellos lugares en los que pueda resultar afectado el ramaje, sobre la necesidad de atado de ramas y la altura necesaria de alzado.

Otro tipo de protecciones son:

- **Protección de la zona radical:** Se acotará según lo establecido en el presente documento.

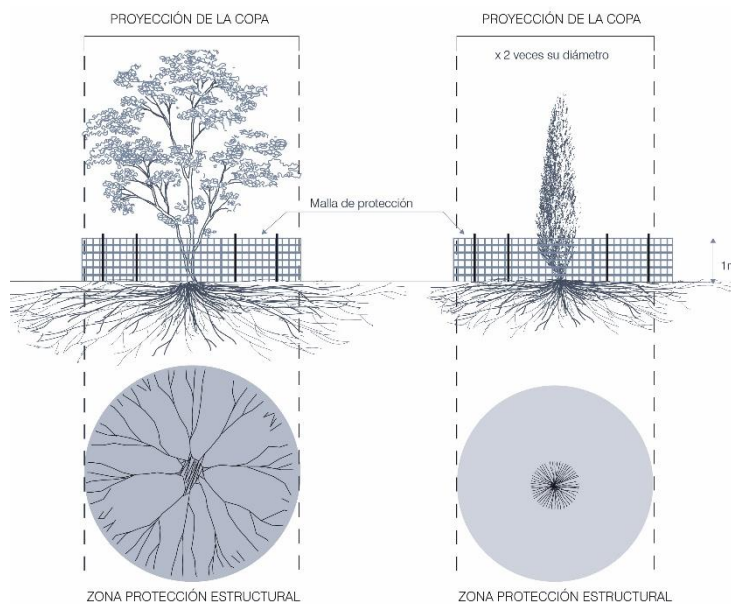


Ilustración 22: Medidas de protección del arbolado durante las obras.

- **Protección en aperturas de zanjas y otras excavaciones:** En el supuesto de afectación por apertura de zanjas u otras excavaciones en las proximidades de los árboles, se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones.

En ningún caso debe abrirse zanjas ni realizar excavaciones dentro de las zonas de seguridad radical de los árboles, grandes arbustos, palmeras y palmiformes.

No se deberán cortar raíces de diámetro superior a 3 cm, por lo que se aconseja realizar la excavación manualmente. Los cortes de las raíces deben ser rectos y limpios y deben realizarse con serrucho o tijeras de podar. Deben protegerse las raíces de la desecación y de las heladas con un recubrimiento (yute o similar) y mantenerlas húmedas mientras estén a cuerpo descubierto. En el caso de la existencia de raíces de diámetro superior a 3 cm debe rellenarse la zanja de forma manual. Para el relleno, deben usarse arenas o tierras de calidad. Debe evitarse una excesiva compactación en el relleno de la zanja. Puede colocarse material drenante cerca de las raíces para evitar dañarlas.

Si la zanja para canalizaciones tuviera que situarse muy próxima a un árbol, a menos distancia que la de seguridad radical, puede contemplarse la solución siguiente:

- ✓ Abrir la zanja excavando de la manera habitual hasta llegar a la zona de seguridad radical.
  - ✓ Al llegar a este punto, realizar, de forma manual o con agua o aire a presión, la excavación de un túnel por debajo del árbol, a una profundidad mínima de 1-1,5 m según el caso, hasta salir de la zona de seguridad radical.
- **Protección en cimentaciones:** No hay que construir nunca ningún tipo de cimientos en toda la zona de seguridad radical.

Si fuese necesario construir cimientos, por ejemplo, de una pared, en proximidad de la zona radical, es conveniente hacerlos discontinuos o puntuales en vez de continuos, bajo la supervisión de un técnico competente en arboricultura o en jardinería.

Debe establecerse la base de los cimientos puntuales allí dónde no se dañe aquellas raíces leñosas que más claramente cumplen una función estática.

- **Protección contra el vertido de tierras y residuos:** Sobre la zona radical no deben verse nunca tierras, piedras grandes, cascotes, residuos de hormigonado ni otros restos de obras.



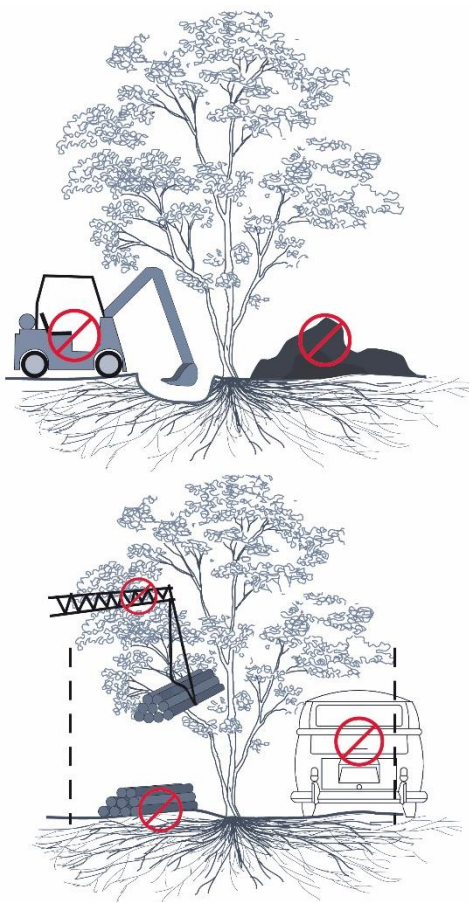


Tabla 9: Protección del arbolado.

- Protección en movimientos de tierra:** Las modificaciones en el nivel del suelo, tanto en rebajes o desmontes como en rellenos o terraplenados, pueden comportar efectos muy perjudiciales para la salud de los árboles, incluso su muerte, muchas veces a medio o a largo plazo. Debe considerarse que hay una gran diversidad en cuanto a la tolerancia a cambios en el nivel del suelo, desde especies muy sensibles a especies bastante tolerantes. Algunas, pueden verse gravemente afectadas por un aporte de tierras de tan sólo 4-5 cm de grosor, incluso sin que haya habido compactación.
 

Se recomienda aprovechar la ocasión de las obras para realizar las mejoras del suelo previstas (aireación, fertilización, acolchado, etc.).

A menudo puede ser necesaria la aplicación de otras medidas técnicas suplementarias, como por ejemplo la instalación de sistemas de drenaje y ventilación, sistemas de riego localizado, protectores de árboles y rejas de alcorque.
- Protección en rebajes o desmontes:** Nunca debe extraerse tierra de toda el área de la zona de protección. Con la finalidad de eludir el rebaje del terreno puede construirse un muro o una gran jardinera, con preferencia

de diámetro mayor que el de la zona de goteo o de proyección de la copa.

Si por razones técnicas no se puede proteger la cubierta de suelo vegetal o superficial por el hecho de estar destinada a edificaciones, modificación de la cota del terreno, caminos u otras superficies duras, debe separarse la capa superficial del suelo que debe almacenarse en montones no superiores a 1,25 m de altura. Debe asegurarse una buena aireación y evitar el crecimiento de las malezas.

- **Protección en rellenos o terraplenados:** Se debe tener en consideración que el terraplenado puede comportar la asfixia radicular del árbol (hipoxia).

De tal forma que sobre la zona de protección sólo podrán verse materiales de grano grueso que sean permeables al aire y al agua. Las características físicas y químicas de las tierras de relleno deben ser parecidas a las del suelo existente en el propio lugar de manera que se mantenga o mejore la vitalidad de la vegetación. Estos materiales permeables deben estar en contacto con la superficie para que haya intercambio gaseoso efectivo con la atmósfera.

Antes de proceder al vertido sobre la zona radical, hay que limpiar la cobertura vegetal que pueda haber, las hojas caídas y otros materiales orgánicos, respetando siempre las raíces.

Para garantizar que no se producen daños es necesario que estas operaciones se realicen manualmente.

Hay distintas soluciones para evitar las consecuencias negativas de un relleno o terraplenado, entre las cuales:

- ✓ Construir muros de contención. Formar alrededor del tronco un cono de materiales de grano grueso (gravas o gravillas) que permitan el paso del aire y del agua (solo en el caso de algunas palmeras y de otras especies tolerantes al relleno).
  - ✓ Construcción de un pozo seco. De 2,5 m de diámetro mínimo, preferiblemente de 5 m, teniendo en cuenta que en espacios públicos debe instalarse una reja de protección y que pueden existir problemas de mantenimiento.
  - ✓ Diseñar una plataforma elevada o un puente de madera. En cualquier caso el vertido de tierras cerca del tronco tiene que realizarse con medios manuales. La construcción de muros de contención puede evitar los efectos negativos de un cambio en el nivel del suelo.
- **Protección contra sobrecargas temporales:** Los vehículos y la maquinaria deben circular fuera de la zona de protección. No deben apilarse los materiales dentro de la zona de protección.
- En el caso de sobrecargas temporales debe tenerse en cuenta que:
- ✓ Debe afectarse cuanto menos mejor.

- ✓ Debe mantenerse la situación perjudicial cuanto menos tiempo mejor.
- ✓ No debe ejecutarse la operación en tiempo lluvioso o en suelos mojados.
- ✓ Debe recubrirse el suelo del área de circulación con gravas con un mínimo de 20 cm de grosor y con la anchura necesaria según el tipo de vehículo o maquinaria que vaya a circular.
- ✓ Debe revestirse dicha área con tablas o planchas para el paso de vehículos.

Tras retirar los materiales, debe escarificarse manualmente la superficie del suelo. Cuando haya habido compactación debe estudiarse, bajo la supervisión de un técnico competente en arboricultura o en jardinería, la realización de alguna de las siguientes operaciones en el suelo:

- ✓ Escarificación manual de la capa superficial del suelo.
- ✓ Aireación vertical.
- ✓ Sustitución parcial del suelo.
- ✓ Fertilización.
- ✓ Acolchado orgánico.
- ✓ Colocación de drenajes.

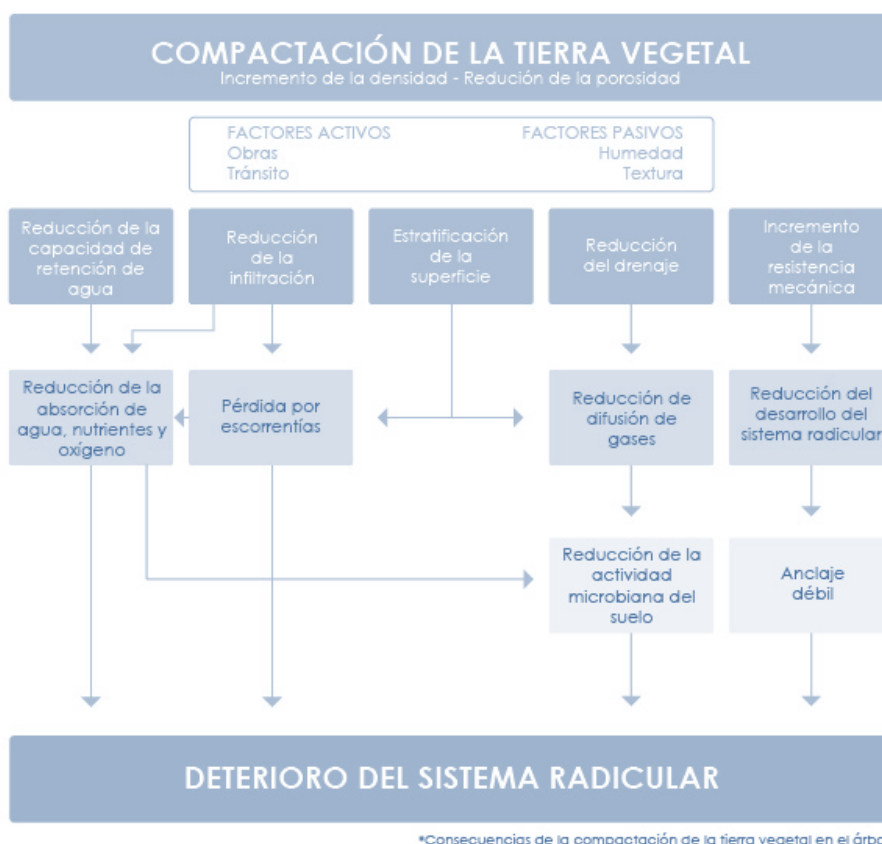


Ilustración 23: Consecuencia de la compactación de la tierra vegetal.

- **Protección contra el descenso del nivel freático:** Cuando se prevea que el nivel freático de las aguas pueda descender transitoriamente por un periodo significativo, debe estudiarse la adopción de las medidas siguientes:

  - ✓ Mantener la situación cuanto menos tiempo mejor.
  - ✓ Regar de forma abundante durante el periodo de crecimiento, evitando en todo caso posibles encharcamientos.
  - ✓ Estudiar otras medidas reguladoras (por ejemplo, la aplicación de antitranspirantes).
  - ✓ Intensificar las medidas o estudiar de suplementarias cuando el problema persista durante un periodo más largo que el vegetativo.

En el caso de descenso permanente, contemplar la posibilidad de instalación de un riego localizado.
- **Protección contra el encharcamiento:** Debe evitarse el encharcamiento de agua en la zona radical.

Por ello no se permite verter líquidos y materiales extraños en los alcorques y hoyos de riego. No se permite el, desagüe de aguas provenientes de las zonas construidas en las zonas radicales de los árboles y de las áreas de vegetación.

Si fuese necesario, se realizarán drenajes superficiales o en profundidad hacia fuera del área de vegetación.

Se debe proteger contra contaminaciones químicas.

No se permite contaminar las áreas de vegetación con productos nocivos. En dichas áreas no hay que verter: aguas de construcción, cementos u otros aglomerantes, colorantes, pinturas y disolventes, aceites minerales como gasóleos y gasolinas, ácidos, lejía, detergentes, residuos de tratamientos fitosanitarios, así como otros productos contaminantes, corrosivos o tóxicos.
- **Protección contra el fuego:** No se debe encender fuego a menos de 20 m de la corona de los árboles durante los periodos de riesgo de incendios.
- **Protección de la vegetación de las áreas naturales:** Como norma general la mejor protección de la vegetación consiste en la minimización de la superficie ocupada por las obras, en el respeto estricto de la delimitación de las superficies afectadas y en su adecuada delimitación y marcaje.

En las obras que atraviesen zonas de vegetación natural, se trasplantará las plantas que resulten afectadas, si el estudio de viabilidad de trasplante así lo aconseja. Se tendrá que buscar una zona receptora que actúe como vivero de obra que ofrezca unas propiedades similares, en cuanto a orientación y suelo, a las de su ubicación original. Se realizará siempre dentro del periodo favorable (periodo de reposo) de la especie. Si de manera accidental quedaran afectados árboles de cierta entidad (ramas rotas, árboles tumbados o deteriorados), se procederá a sanear las partes afectadas evitando una afectación mayor.

### 6.3. ÁREAS DE PROTECCIÓN DEL ARBOLADO

Se debe tener en consideración que las acciones que llevemos a cabo en la gestión de los árboles condicionan, no sólo su presente, sino también su futuro a corto, medio y largo plazo. Es importante reseñar que los daños que sufran los árboles en sus sistemas radiculares no necesariamente se harán evidentes de inmediato. Es habitual que los daños se vayan evidenciando en los años siguientes a la finalización de la afección, y que sólo entonces se aprecien, o lleguen a alcanzar su máxima gravedad. Cinco años se considera un plazo mínimo de apreciación, y diez años es un plazo razonable.

Con el objetivo de evitar las afecciones de los árboles causadas por obras, para ello es necesario conocer de manera exhaustiva a todos los niveles la situación actual del arbolado de manera que el conocimiento sea la base de futuras tomas de decisión. Así, conociendo el estado actual y la posible interpretación de sus incidencias pasadas, se pueden definir las propuestas de futuro más adecuadas, lo que permitirá el correcto desarrollo del arbolado en todas las facetas que deben considerarse: mejora paisajística, beneficio ambiental, control del riesgo, etc. Con esta finalidad se aplicarán los conocimientos más modernos relacionados con la arboricultura urbana con los que se elaborará una adecuada valoración, con objeto de garantizar la viabilidad futura de las plantaciones establecidas.

Así, se presenta, en un primer lugar la base teórica de la arboricultura moderna de donde parte la metodología utilizada para definir las distancias mínimas de protección del arbolado, de cara a poder valorar la opción más ventajosa desde la protección del arbolado. Y es que debemos destacar que uno de los principales objetivos de estos análisis es establecer las distancias mínimas de protección del arbolado que el proyecto de ejecución de las obras debe contemplar para garantizar que las afecciones sobre el arbolado sean mínimas durante las obras, y reversibles después de ellas.

Debemos tener clara la existencia de una relación científicamente demostrada entre la distancia a la que se efectúan obras a nivel de la superficie o en suelo (excavaciones, zanjas, y, en general, cualquier alteración del terreno) y el grado de afección que éstas pueden causar en el arbolado, especialmente en su sistema radicular. Aquellas actividades que supongan la apertura de zanjas causarán un stress al árbol, no solo por la alteración del terreno sino también, y en especial, por la pérdida de raíces y las heridas provocadas durante estas actividades. Por lo tanto, partimos de la base de que, dado que las raíces tienden a distribuirse de manera radial desde el tronco, la destrucción del sistema radicular y, por tanto, la afección

al arbolado, será mayor cuanto más cerca se realice la excavación del suelo.

La preparación de este informe debe ser una recopilación, comparación y cálculo de la "Zona radicular crítica" que se manejan en la actualidad por distintos autores de reconocido prestigio. Para determinar estas distancias presentamos las diferentes medidas de protección frente a obras que se utilizan en diversos países, dando preferencia a las referencias oficiales (estándares u ordenanzas de obligado cumplimiento registradas por las administraciones locales) y a las académicas (universidades, institutos de investigación y asociaciones de arboricultura). Gran parte de la información obtenida proviene de Estados Unidos, mientras que en Europa son escasas las referencias.

Sin embargo, antes de entrar en detalle, cabe hacer algunas consideraciones a las referencias y a la terminología que se empleará en la determinación de las áreas de protección:

- Las distancias críticas entre las obras y el árbol se deben referir en la mayoría de las ocasiones a las afecciones fisiológicas que podrían afectar a los árboles y a su propia supervivencia. Suelen ser distancias importantes, dado que los sistemas radiculares presentan un crecimiento preferentemente superficial y de gran desarrollo.

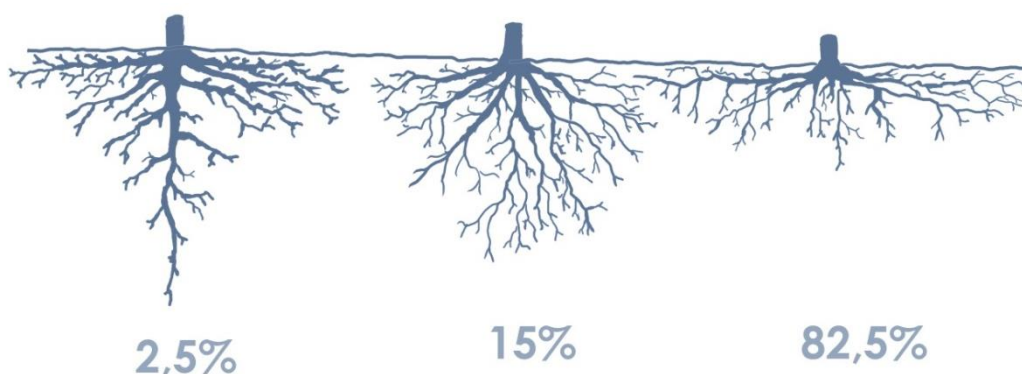


Ilustración 24: Arquitectura del sistema radicular. Fuente: Kösteler et al. 1968

- Por lo tanto, no se refiere tan sólo a las distancias críticas respecto a la posible caída del ejemplar tras las obras, es decir, a las afecciones a su sistema de anclaje. Evidentemente, esta distancia sería mucho menor, debido entre otras cuestiones a que el sistema radicular que contienen las raíces que realizan esfuerzos mecánicos se encuentra en las inmediaciones de la base del árbol, mientras que las raíces fisiológicas pueden distribuirse a distancias mucho mayores.

- Todos los autores consultados coinciden en que las distancias críticas recomendadas son una referencia. Por ello, deben ser siempre revisadas según el caso particular que se estudie, por lo tanto, estas medidas podrán variar según las características particulares de cada ejemplar: especie, edad, vitalidad, entorno y otras variables que puedan afectar a su desarrollo.

En cuanto a la terminología utilizada:

- DBH: Altura del tronco del árbol a la altura del árbol.
- *Dripline*: se refiere a la línea de proyección de copa.
- CRR: *Critical Root Radius* (Radio radicular crítico): distancia crítica a la que debe mantenerse alejada la obra para evitar daños severos al sistema radicular.
- CRZ: *Critical Root Zone* (Zona radicular crítica): área que se establece a partir del radio radicular crítico. Delimita la circunferencia que rodea al árbol dentro de la cual se debe evitar cualquier tipo de alteración o actuación. Esta área debe coincidir con el área de protección del árbol (TPZ: *Tree Protection Zone*).

Aunque el cálculo de la CRZ y sus valores varía ligeramente entre las distintas fuentes consultadas, todas ellas coinciden en el tipo de restricciones a las actividades que se pueden desarrollar dentro de ella. Debemos recordar que la CRZ es el área mínima de terreno que contiene la cantidad suficiente de sistema radicular como para que el árbol no se vea seriamente dañado durante el proceso de ejecución de las obras.

La pérdida de raíces localizadas fuera de la CRZ se considerará como tolerable, pero dentro de la CRZ el terreno debe de mantenerse intacto, y como regla general, deberá existir una tolerancia cero con cualquier tipo de actividad a realizar dentro de la misma. Esto incluye cualquier tipo de zanja o corte en el sustrato y que implique alteraciones en el medio y afecciones a las raíces.

En muchas ocasiones se ha identificado la como zona radicular crítica (CRZ) el área delimitada por la proyección de la copa o *dripline*. Sin embargo, existen numerosas situaciones donde esta regla no es correcta o no se debe utilizar. Para evitar estos errores, actualmente lo más común es recurrir a un cálculo de la CRZ en base a las dimensiones de tronco, generalmente en base al perímetro normal del tronco (medido a la altura del pecho: DBH).

A continuación, se recoge un resumen de las distintas fuentes consultadas y las fórmulas de protección que emplean:

#### • Estados Unidos

La mayoría de las fuentes consultadas provenientes de Estados Unidos coinciden en utilizar la fórmula que multiplica por un factor entre 12 y 18 por el diámetro del tronco medido a la altura del pecho (DBH). Utilizar una distancia menor dependerá de la vitalidad y el estado en el que se encuentre el árbol, partiendo de la base de que, a menor vitalidad o mayor edad, menor es la capacidad de resistir y sobreponerse al daño o stress y, por lo tanto, mayor deberá ser la distancia que hay que dejar desde las obras. Por lo tanto, los árboles más vigorosos podrían asumir cierto grado de pérdida radicular, y la consiguiente caída de vitalidad, y recuperarse posteriormente sin problemas.

En el caso inevitable de tener que realizar obras dentro de la zona de protección radicular, algunos autores consideran distancias menores (área mínima radicular), dando por supuesto daños radiculares graves y que solamente están orientadas a evitar grandes daños en raíces estructurales y a prevenir la caída de los árboles. Obviamente, la intervención en el "área mínima radicular" producirá un daño importante, mayor o menor, sobre la salud y la vitalidad de esos árboles.

Sin embargo, se considera que, si el árbol es vital y se encuentra en buen estado, podría asumir una pérdida del orden del 30% de sus raíces. Si la vitalidad del árbol es baja o se trata de arbolado de riesgo, la pérdida radicular no debería llegar nunca a superar el 20%. El profesor *Kim Coder*, de la Universidad de Georgia, propone una relación empírica para calcular la pérdida radicular que supondría acercarse más al árbol de la distancia de protección propuesta.

#### • Europa

Los estándares británicos (*British Standard 5837*) son más permisivos, en cuanto que la distancia recomendada no es una progresión lineal en función del diámetro, y las distancias obtenidas son menores que las calculadas aplicando la norma americana. También en este caso existe una diferenciación positiva y más proteccionista cuando se tratan árboles viejos o con baja vitalidad. En el caso de árboles ejemplares o veteranos, la distancia se amplía a 15 veces el diámetro de tronco. La otra normativa británica (*NJUG10*), muy empleada por su sencilla aplicación, define el radio de protección como 4 veces la circunferencia del tronco del árbol a la altura del pecho (DBH). Los estándares alemanes (*German National Standards*) consideran la proyección de copa + 1,5 m como la zona de protección del árbol.

Por último, destacar, como ya se ha mencionado, que el anclaje físico del árbol recae en el conjunto de las raíces estructurales más cercanas al tronco, y alterar o reducir esa "área de anclaje" supone, no sólo la consiguiente pérdida de superficie de protección del árbol, sino un evidente riesgo de



caída. En la determinación del “área de anclaje”, la referencia principal es *Claus Mattheck*, en sus estudios de estructuras y cálculos de caída. Aquí se relaciona, la relación entre el diámetro del tronco y el radio de su área de anclaje. La fórmula mecánica que se derivada de los estudios de caída de árboles y la relación entre el diámetro de tronco y el diámetro de área de anclaje es:

$$R_w = 64 \times R^{0.42},$$

donde R es el radio del tronco medido a la altura estándar de 1,3 m y  $R_w$  es el radio del área que contiene la cantidad necesaria de las raíces estructurales para mantener en pie el árbol.

RADIO DEL TRONCO (cm)	DISTANCIA CRÍTICA DE ANCLAJE (m)
5	1,26
10	1,68
15	2,00
20	2,25
25	2,47
30	2,67
35	2,85
40	3,01
45	3,17
50	3,31

Tabla 10: Distancia de protección de las raíces del arbolado.

### Distancias de protección en obras

Tal y como se ha mencionado, la intervención dentro del “área de anclaje” supondrá un evidente deterioro del ejemplar y un alto riesgo de caída del árbol a medio plazo.

Por último, se ha tenido en cuenta la pérdida radicular que puede suponer acercarse algo más al árbol, considerando que, debido a la vitalidad y riesgo de los árboles objeto de valoración, se estima que la pérdida radicular final no debería ser nunca superior al 20 %, es decir el “área mínima radicular”. La intervención en el “área mínima radicular” producirá un daño importante, mayor o menor, sobre la salud y la vitalidad de esos árboles.

### Actividades dentro de las áreas de protección

En este último punto, se describen las actividades permitidas, así como las medidas correctoras que se deberán aplicar dentro de las diferentes categorías de protección del arbolado.

Todas estas áreas de protección del arbolado se deberán replantar al comienzo de las obras de ejecución y delimitar correctamente con un

vallado de protección correctamente señalizado. Dicho vallado deberá permanecer hasta la finalización de las obras.

- Área de protección del árbol.

En esta zona se permitirán algún tipo de actividad y tránsito, evitando el uso de maquinaria pesada, siempre que se apliquen las medidas de protección citadas en el presente documento. Si fuese necesario se podrán realizar zanjas y excavaciones someras, siempre que no alcancen el “Área mínima radicular” y bajo la supervisión de la Dirección Técnica. Se admitirá la instalación de algún tipo de estructura, bordillos y pavimentación teniendo en consideración el desarrollo del sistema radicular. Se permitirá una ligera alteración de la configuración del terreno y una somera modificación de las cotas, a ser posible aplicando las medidas correctoras señaladas al efecto.

No se podrá destinar esta área al acopio de materiales, estacionamiento de vehículos o de lugar de limpieza de herramientas o maquinaria.

- Área mínima radicular.

No estará permitido ningún tipo de actividad e interferencia en el terreno que se establece dentro de los límites considerados “Área mínima radicular”. Se deberán mantener la configuración y cotas del terreno originales. El tránsito sobre esta área deberá es mínimo posible y no se podrán realizar zanjas ni instalar ningún elemento de obra civil que pueda dañar el actual sistema radicular.

No se podrá destinar esta área al acopio de materiales, estacionamiento de vehículos o de lugar de limpieza de herramientas o maquinaria.

- Área crítica de anclaje.

Los daños en esta zona implican afecciones a la estructura de sostén del árbol, lo que probablemente afectará al anclaje del árbol traduciéndose en un elevado riesgo de vuelco a medio plazo. Además de verse muy afectado fisiológicamente.

En ningún caso se deberá intervenir dentro de esta área, no se permitirá el tránsito de maquinaria y personas, no se podrá modificar la cota del terreno ni se realizarán excavaciones de ningún tipo.

No se podrá destinar esta área al acopio de materiales, estacionamiento de vehículos o de lugar de limpieza de herramientas o maquinaria.

#### **6.4. RETIRADA DE MEDIDAS**

Una vez acabadas las obras, se deberán retirar todas las medidas de protección y de señalización instaladas durante el periodo de obras.

Así mismo serán retirados los protectores, cables u otros sistemas de sujeción temporal instalados en los árboles para llevar a cabo las obras, para evitar que los provoquen daños. Esta retirada debe estar supervisada por un técnico competente que debe supervisar la comprobación de la estabilidad de los árboles.

Una vez acabadas las obras, las zonas afectadas tienen que quedar perfectamente limpias.

## 7. FIN DE CICLO DEL ARBOLADO

### 7.1. PROCESO DE RENOVACIÓN DEL ARBOLADO

La muerte y retirada de árboles urbanos está directamente influenciada por factores relacionados con el ser humano, biofísicos o una combinación de ambos. Los factores humanos incluyen la gestión y mantenimiento, la construcción urbana y los usos del suelo. Los factores biofísicos incluyen el grupo taxonómico al que pertenece una especie, tolerancia a la sequía, tamaño de los árboles o tiempo desde la siembra.

En el marco de mortalidad en árboles urbanos se identifican los siguientes factores predispuestos, estimuladores y colaboradores:

- **Factores predispuestos:** las condiciones normales humanas y relacionadas con el sitio al que está expuesto un árbol en este entorno. Tales como clima, humedad del suelo, genotipo del hospedante, nutrientes en el suelo o contaminación.
- **Factores estimuladores:** situaciones estresantes que afectan al vigor del árbol. Tales como insectos defoliadores, heladas, sequías, salinización, contaminación daños mecánicos.
- **Factores colaboradores:** los mecanismos que finalmente conducen a la muerte del árbol. Tales como escarabajos barrenadores, chancros (hongos), virus u hongos descomponedores de la madera.

Los factores de predisposición e incitación funcionan contra el árbol, preparando el escenario para que los factores contribuyentes causen mortalidad. Sin embargo, los factores de estrés son acumulativos. Las diferentes condiciones que estresan a un árbol se suman unas a otras y pueden dar lugar a una espiral de decaimiento. Si pueden identificarse los factores de estrés, algunas veces es posible mitigar la situación y mejorar la salud del árbol. No obstante, si solo se identifican y atienden los problemas secundarios, es posible que el árbol continúe decayendo.

### 7.2. REUTILIZACIÓN DE RESTOS DE ARBOLADO.

Sin lugar a dudas, la mejor gestión de los restos vegetales es dejarlos en el lugar donde se han generado. Aunque como bien sabemos esto no es posible en un entorno urbano, por lo tanto, la siguiente opción es su reciclado y posterior empleo en las zonas verdes. La peor opción, aunque la más común, es llevar a una planta de compostaje donde se trata el resto de los desechos urbanos donde ocasionalmente se les aplica un proceso de compostaje.

Una interesante opción sería, triturar/astillar la madera y usarla posteriormente como acolchado, aunque hay quien asegura que se trata de una práctica arriesgada.

### 7.2.1. Limpieza y retirada de restos de poda

Los restos de poda se retirarán de manera que se puedan reciclar, para ser utilizados como productos compostados.

En espacios públicos es conveniente retirar los residuos al mismo tiempo que se van produciendo y llevarlos a plantas de compostaje, o bien triturar en origen antes del traslado a la planta de compostaje.

Si los residuos deben permanecer un cierto tiempo en zona de acceso público, ésta se deberá encintar y señalizar convenientemente para impedir su libre acceso. En cualquier caso los residuos deberán retirarse con la mayor brevedad posible.

### 7.2.2. Selección retirada y traslado

Los restos vegetales más habituales de los árboles son restos de semillas, fructificaciones, ramas y ramillas, madera seca, hojas o palmas, serrín o restos de poda y tala.

Por razones de distinta índole siempre es recomendable llevar a cabo una separación o selección de los restos vegetales en el lugar donde se generan. Es interesante contar con una instalación propia para acopio de restos de los trabajos de arboricultura ya que permite optimizar su gestión al separar los restos en función del uso y destino que se le vaya a dar: ya sea compostaje, aprovechamiento como combustible o planta de tratamiento de residuos urbanos.

### 7.2.3. Compostaje

Es indudable que los árboles se verán claramente beneficiados cuando se incorpore compost al suelo, dado que mejora la fertilidad del suelo donde se desarrollan. Además, esto evita el uso de fertilizantes químicos y beneficia la actividad de la microfauna del suelo.

Y a pesar de ello, la incorporación de materia orgánica en entornos arbolados a menudo se pasa por alto. La materia orgánica ayuda a mantener un suministro constante de nutrientes para las plantas, especialmente nitrógeno y potasio. También mejora la capacidad del suelo para absorber la lluvia o el agua de riego y para reducir la escorrentía superficial, sin embargo, retiene los nutrientes en un pH óptimo y ligeramente ácido para que se liberen fácilmente en el suelo para satisfacer las necesidades de las plantas. Agregar compost al suelo aumenta las lombrices

de tierra y la actividad microbiana del suelo que benefician el crecimiento de las plantas.