

# LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

---

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

**5 CRITERIOS DE ELECCIÓN**

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

## 5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

---

La gran diferencia de las plantaciones con otras unidades de obra es que son seres vivos cuya adaptación al medio condicionará su correcto funcionamiento. Por lo tanto, para realizar un proyecto en el que las plantaciones utilizadas sean las adecuadas y cumplan correctamente su función es necesario establecer unos criterios de elección.

Estos criterios deberán ser de fácil utilización por no especialistas, basados en los aspectos más generales relativos a las especies, de rápido y sencillo reconocimiento, y que permitan la selección de las especies idóneas para cada zona del Proyecto.

Los criterios que se propondrán en este estudio se pueden agrupar en dos grandes grupos: los criterios climáticos y los criterios de desarrollo o adaptación.

Los primeros controlarán si una especie puede o no sobrevivir en la zona mientras que los segundos concretarán la especie, de entre las preseleccionadas por los criterios climáticos, que se adapta mejor y tiene más posibilidades de un buen desarrollo en la zona a plantar.

La aplicación sucesiva de estos criterios permitirá realizar una preselección de las especies mediante los criterios climáticos y una elección definitiva a través de los criterios de desarrollo.

Cuanto más parámetros se tengan en cuenta, el estudio realizado será mejor y más preciso, garantizando el éxito de la plantación.

El objetivo es constituir unos criterios de fácil aplicación que permitan la elección de la especie más adecuada y conseguir, de esta manera, un buen diseño de las plantaciones en las Obras Públicas.

El siguiente cuadro resume los criterios considerados.

CRITERIOS CLIMÁTICOS	CRITERIOS DE DESARROLLO
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperatura</li> <li>▪ Régimen Pluviométrico</li> <li>▪ Altitud</li> <li>▪ Viento</li> <li>▪ Insolación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Autóctonos</li> <li>▪ Velocidad de crecimiento</li> <li>▪ Tiempo de vida</li> <li>▪ Necesidad de suelos específicos</li> <li>▪ Resistencia a las plagas</li> <li>▪ Resistencia a la sequía</li> <li>▪ Resistencia heladas</li> <li>▪ Resistencia a la proximidad del mar</li> <li>▪ Resistencia a la contaminación</li> <li>▪ Mantenimiento</li> </ul>

Tabla 1. Criterios de Elección

## 5.1 CRITERIOS CLIMÁTICOS

Los primeros criterios que se deben establecer son los que llamaremos criterios climáticos que permitirán realizar una primera selección de las especies a utilizar. Estos criterios consideran y agrupan los factores principales que ayudan a delimitar y escoger las especies más adecuadas en cada caso, efectuando una primera tría.

La principal función de los criterios climáticos es fijar la supervivencia o no de una especie en la zona a plantar. Por tanto, los valores de estos criterios en la zona de estudio deben ser compatibles con los que resultan más apropiados para la especie que se quiera plantar.

Las plantaciones son seres vivos y, por consiguiente, existen diversos factores que las afectan directamente y que no lo hacen a otros elementos constitutivos de la obra. Su desconocimiento puede conllevar, por tanto, la muerte de las plantaciones incluso antes de la inauguración de la Obra.

El clima es, sin lugar a duda, el factor más importante a tener en cuenta. Controla, entre otros aspectos, el tipo de planta que constituye el hábitat de una zona. Las características ambientales de un lugar determinado dibujan una matriz de elementos ecológicos únicamente compatibles con los requisitos de un cierto número de especies y, de entre éstas, solo una parte resultarán óptimamente adecuadas. Estos criterios permitirán estudiar la compatibilidad entre las especies y la zona de estudio, obteniendo las especies idóneas para ser plantadas.

Es indispensable conocer todos los requisitos de las especies antes de realizar una elección dado que, de la misma manera que hay plantas que viven a pleno sol, hay otras que no lo resisten y se deben plantar en una zona de sombra.

Para acertar en la elección de una determinada especie vegetal en un proyecto de Obra Pública se deben establecer y respetar unos criterios. Únicamente cumpliendo estas exigencias, el éxito de la plantación será posible. El estudio exhaustivo de los factores que inciden directamente en el desarrollo inicial de las especies vegetales es la mejor garantía de que éstas sobrevivirán a la fase inicial y que la plantación será un éxito.

Es necesario tener en cuenta todos los detalles que tengan alguna relación con la vida de las plantas, especialmente en el periodo de crecimiento inicial, dado que es la época más crítica en la vida de una planta. Superada esta fase inicial, el arraigo de la plantación está garantizado.

Para que una especie sobreviva en un lugar determinado debe atender a una serie de parámetros, principalmente climáticos. Los criterios climáticos se enumeran a continuación y consideran una serie de aspectos que ayudan a delimitar las especies más indicadas:

- Temperatura
- Régimen pluviométrico
- Altitud
- Viento
- Insolación

Cabe mencionar que estos criterios climáticos requieren unas series históricas completas para poder caracterizar el clima de la zona correctamente.

Por otro lado, destacar que no existe término medio en las plantaciones: viven o mueren, debido a su condición de seres vivos. Por tanto, es fundamental realizar una buena preselección de las especies a partir de estos criterios climáticos y, de esta manera, evitar situaciones absurdas, como por ejemplo, que un árbol de ribera sea plantado en una zona desértica donde morirá inevitablemente por falta de agua.

Se debe tener el total convencimiento que las especies propuestas para las plantaciones se adapten fácilmente al clima de la zona donde deberán vivir. Solo así el diseño de la plantación será un éxito.

## **5.1.1 Descripción de los criterios**

### **5.1.1.1 Temperatura**

La temperatura es, junto la pluviosidad, uno de los factores que más intervienen en la definición del clima de una zona. Las temperaturas y las estaciones influyen sobre las especies a plantar y en el momento en el cual hacerlo.

Se pueden establecer tres clases de climas según la temperatura: climas fríos, templados o cálidos. Esta clasificación de los climas térmicos es la dada por Debrach. Debido a su orografía, en Cataluña se tienen representados los tres climas térmicos.

Para identificar estos climas se hace referencia a una temperatura media obtenida como la semisuma de la media de máximas del mes más cálido y la media de las mínimas del mes más frío.

Los climas fríos se dan para valores de la temperatura media inferiores a 15° mientras que las localidades con valores de la semisuma comprendida entre 15° y 20° se consideran de clima templado. Finalmente, para valores superiores a 20° se tiene un clima cálido.

En el proceso de desarrollo de un árbol se tiene una temperatura óptima en la cual el árbol vive y se desarrolla correctamente. Por otro lado, existen también unas temperaturas cardinales que fijan el rango de temperaturas para la supervivencia y buen desarrollo del árbol. Para temperaturas inferiores o superiores a éstas, el árbol no será capaz de sobrevivir y morirá, tanto por congelación como por exceso de calor.

Los valores de estas temperaturas son característicos de cada especie y son el primer criterio a tener en cuenta en la elección de las especies a plantar.

Este es el principal inconveniente de las plantaciones. Debe existir una completa adaptación al entorno, al lugar donde se va a realizar la plantación, dado que son seres vivos y el hábitat les afecta de manera muy importante.

Pero la temperatura no solo influye en el tipo de planta sino también, como se ha mencionado anteriormente, en el periodo en el cual realizar la plantación. Mientras que el otoño es el periodo adecuado para realizar plantaciones en las zonas del litoral y prelitoral, donde el clima no es muy riguroso, en alta montaña es preferible la primavera cuando las heladas y la nieve ya no están presentes.

Como consecuencia, existen problemas para hacer coincidir la planificación de la obra con la época idónea para realizar la plantación y compaginarla con el resto de trabajos ingenieriles. Sin embargo, todos estos problemas se podrían evitar teniendo en cuenta las plantaciones desde el inicio del proyecto, como un elemento más de la obra, atendiendo desde el principio sus necesidades y no tratándolas como simples elementos decorativos.

#### **5.1.1.2 Régimen pluviométrico**

La lluvia y la humedad existente son otro condicionante de la vegetación de una zona y, como consecuencia, serán un criterio climático muy importante.

Este criterio nos servirá para distinguir y clasificar entre los árboles que resistan la sequía de aquellos que requieran un terreno más húmedo.

Sabiendo el régimen pluviométrico del lugar se puede tener una idea aproximada de la cantidad de agua de la zona y, por tanto, de la vegetación que compone el hábitat.

Es necesaria una reserva de agua suficiente para garantizar el buen desarrollo de las plantaciones. Esta reserva de agua dependerá, por un lado, de las precipitaciones y, por otro lado, de la capacidad de almacenamiento del suelo. El tipo de suelo que se tenga es otro criterio muy importante a la hora de decidir las plantaciones a realizar y, como tal, se tratará dentro del punto criterios de desarrollo.

En las precipitaciones es importante tanto su distribución, que puede ser mensual o estacional definiéndonos las estaciones húmedas y secas, como su frecuencia. El agua utilizada es aquella que se infiltra en el suelo. Por tanto, es importante conocer el tipo de lluvia que se tiene, uniforme y homogénea o, por el contrario, lluvias torrenciales. Este último tipo de lluvia realiza aportaciones mínimas a las reservas de agua dado que el agua cae con demasiada rapidez y el terreno no puede absorberla, y como consecuencia, se producen grandes pérdidas por escorrentía.

### **5.1.1.3 Altitud**

La altitud también es un parámetro fundamental ya que cada especie vegetal tiene una altitud idónea en la cual su desarrollo será correcto. Por otro lado, la altitud es un criterio climático íntimamente relacionado con la temperatura. Más altitud conllevará temperaturas más bajas y una mayor humedad.

Las condiciones climáticas que tiene que soportar una plantación son diferentes dependiendo de la altitud en la que se encuentre. Un árbol de alta montaña deberá resistir heladas y bajas temperaturas en invierno que plantaciones en la línea de mar no deberán soportar.

En Cataluña, dada su orografía, se puede encontrar casi al completo la distribución de la vegetación según la altitud, es decir, están representados casi todos los pisos de vegetación. Se tienen montañas altas, medianas o bajas, llanuras litorales (con influencia marina), prelitorales o continentales, así como también todo tipo de valles, pirenaicos o de ribera siguiendo los cursos fluviales.

La esquematización de altitudes sobre el nivel del mar es la siguiente:

- Ambientes marinos: 0 - 50 m
- Llanuras litorales: 0 - 200 m
- Montañas bajas: 200 - 600 m
- Llanuras continentales o mesetas: 200 - 800 m
- Montaña mediana: 500 - 1200 m
- Montaña alta: 1200 - 2200 m

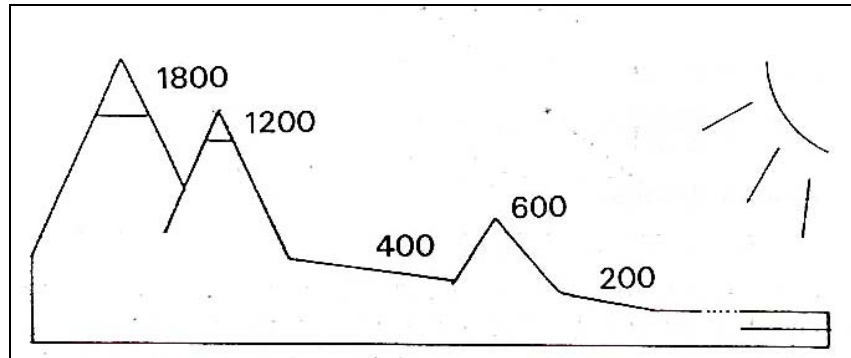


Figura 1. Esquematización de altitudes sobre el mar

#### 5.1.1.4 Viento

Otro criterio a tener en cuenta es el viento, cuya intervención en el clima de una zona es notable.

La existencia o no de viento en el lugar a plantar será un factor determinante en la elección de especies debido a que la presencia de viento puede producir, entre otros, problemas de sequía o de resistencia.

El viento aumenta el proceso de transpiración del árbol, provocando problemas de desecación por pérdida de agua en las hojas. Por otro lado, si el árbol es de raíces superficiales, poco ancladas en el terreno, puede ser arrancado por ráfagas fuertes de viento.

Asimismo, la exposición prolongada a un fuerte viento puede modificar la forma y estructura de los árboles.

Por tanto, el viento tiene una gran influencia en la realización del perfil de las especies a plantar en una zona.



#### 5.1.1.5 Insolación

La insolación es un criterio indiscutiblemente relacionado con la temperatura. Además, la cantidad de luz solar que recibe un árbol es función de la latitud y de la altitud de la zona así como también de la época del año en la que nos encontremos. Un mayor número de horas de sol conllevará una temperatura media anual más elevada. Asimismo, a una mayor altitud le corresponderán un menor número de horas de sol, y por tanto, una menor insolación.

La luz solar interviene en la fotosíntesis y es el factor que dirige la floración y la caída de las hojas. Al realizar plantaciones es muy importante saber si éstas se encuentran en sombra, semisombra o a pleno sol dado que repercutirá, entre otros aspectos, en la floración y la variación cromática de la foliación, punto especialmente importante cuando se quiere, a través de las plantaciones, crear un paisaje más cercano y bonito para el usuario, teniendo el color un papel determinante.

Estos criterios, al contrario de los criterios de desarrollo, no se valorarán. Son, como ya se ha dicho anteriormente, criterios previos, es decir, criterios que se deben cumplir ante todo. Si una especie no cumple estos prerrequisitos no se considerará realizar una plantación con ella, debiendo escoger otra especie. La importancia de todos ellos es la misma, ya que están relacionados entre sí y son de obligado cumplimiento.

## 5.2 CRITERIOS DE DESARROLLO

Una vez establecidos y aplicados los criterios climáticos comentados se tendrá una lista con las especies cuya adaptación a la zona a plantar está garantizada. Se ha realizado una primera selección de las especies.

Para realizar la elección definitiva de las especies es necesario establecer unos criterios que ayuden a distinguir unas especies de otras. Son los criterios de desarrollo. Estos criterios estarán basados en características objetivas de las especies., características que constarán en la ficha de cualquier especie.

Estos criterios nos ayudarán a distinguir y seleccionar la especie más adecuada para realizar la plantación. La especie seleccionada deberá cumplir los criterios climáticos, aplicados previamente. Es decir, se realizará una primera selección de especies con los criterios climáticos y la elección definitiva con los criterios de desarrollo. Por ejemplo, si se tienen dos especies autóctonas, se puede comparar objetivamente su velocidad de crecimiento o su resistencia a las plagas o a la contaminación.

Las características que se han tenido en cuenta son:

- Autóctonas
- Velocidad de crecimiento
- Tiempo de vida
- Necesidad de suelos específicos
- Resistencia a plagas
- Resistencia a sequía
- Resistencia heladas
- Resistencia a la proximidad del mar
- Resistencia a la contaminación
- Mantenimiento

**Cada uno de estos criterios será puntuable. El valor máximo de todas las escalas será 5. Cada especie obtendrá una puntuación dependiendo de su respuesta a ellos y la suma de todas las puntuaciones nos dará la Puntuación Final de esa especie. Esta puntuación nos servirá para seleccionar definitivamente las plantaciones a realizar.**

Asimismo, cabe mencionar que estos valores serán ponderados dependiendo del ámbito en el que se encuentre la plantación y del tipo de función requerida. Los pesos asignarán la importancia correspondiente a cada uno de los criterios, obteniendo así una fórmula específica para cada una de las situaciones.

El objetivo es establecer unos criterios basados en características fáciles de conocer y de aplicación sencilla, que faciliten y agilicen la selección de las especies. La necesidad de un suelo específico o el tiempo de vida son datos compositivos de cualquier ficha de una especie y, por tanto, son datos objetivos cuya aplicación puede efectuarla cualquier persona.

Se detallan a continuación las características de cada criterio y sus puntuaciones.

### 5.2.1 Especies Autóctonas

En la selección de especies a plantar es importante valorar y tener en cuenta las enormes posibilidades que ofrece la vegetación autóctona de la zona. Las ventajas son notables. La probabilidad de adaptación al medio aumenta dado que se trata de especies que viven en la zona. Asimismo, la componente estética tiene mucha importancia. Las nuevas plantaciones corresponden a las existentes en el entorno. De esta manera, se consigue una mejor integración en el paisaje, ya que se utilizan las mismas especies del lugar, no provocando ningún cambio brusco en éste y sin introducir especies invasoras. Realizando las plantaciones con especies autóctonas se consigue que el impacto provocado por la nueva infraestructura sea mínimo.

Por otro lado, es conveniente que las especies escogidas para realizar las plantaciones tengan un índice de mortalidad bajo. Las plantaciones deben realizarse en unas épocas concretas del año, pudiendo situarse en pleno proceso constructivo. Por tanto, deben ser lo suficientemente fuertes para resistir la construcción de la obra y sobrevivir hasta el día de su recepción final definitiva.

Escogiendo especies autóctonas se disminuye la tasa de mortalidad y se asegura una vida más o menos longeva para las plantaciones realizadas, dado que al encontrarse en su hábitat natural las probabilidades de éxito son mayores. Asimismo, se deben escoger de entre las especies autóctonas del lugar aquellas que sean más resistentes dado que el grado de resistencia es diferente para cada una de ellas.

Es evidente que los otros criterios que se estudiarán a continuación están incluidos en éste pero éste criterio es además la imagen de la cultura, la historia y el territorio.

Sin embargo, antes de realizar ninguna plantación con especies que sean o no autóctonas se debe conocer perfectamente el elemento vegetal. Es necesario conocer las especies y su comportamiento en su hábitat. Solo de esta manera se podrán aprovechar al máximo las características y ventajas que nos presentan las especies autóctonas.

No obstante no siempre las especies autóctonas constituyen la mejor opción. En ocasiones, dependiendo del objetivo de la plantación será preferible efectuarla con especies no autóctonas. Por ejemplo, la palmera no es una especie autóctona de Cataluña. Si embargo, puede sobrevivir en una maceta, por lo que es una especie idónea para realizar plantaciones en lugares donde el terreno sea pobre o no se pueda realizar una sobrecarga importante.

Destacar que los costes de traslado serán mínimos, al tratarse de la vegetación del lugar y el éxito de este traslado está garantizado, al ser de corta duración, no siendo necesario un periodo de aclimatación de las plantas.

La puntuación efectuada para este criterio es la siguiente:

Especies	Puntuación
Autóctonas	5
No Autóctonas	0

Tabla 2. Puntuación según las Especies Autóctonas

Cabe mencionar también que se podrían introducir especies de otros países en los cuales exista la misma zona bioclimática. En nuestro caso, existen 5 zonas mediterráneas en el mundo pero dada la poca información existente de las necesidades y características de las plantaciones la mejor opción es la elección de especies de la zona.

## 5.2.2 Velocidad de Crecimiento

El crecimiento de un árbol depende, además de sus características genéticas, de las condiciones en que vive. De entre todos los parámetros influyentes en su desarrollo se puede destacar la temperatura, la humedad, las características del suelo o la disponibilidad de agua.

Los árboles se desarrollan de una manera más rápida durante los primeros años de vida, hasta llegar a un punto de madurez en el cual el crecimiento se ralentiza a medida que pasan los años. De forma genérica se pueden definir los siguientes parámetros en relación al crecimiento:

- Punto óptimo
- Umbral de exigencia
- Umbral de resistencia

El punto óptimo depende de cada especie y de la época del año en que se esté. Es el valor de un parámetro para el cual el crecimiento es máximo. Por otro lado, los umbrales de exigencia y resistencia son, respectivamente, los valores mínimo y máximo por debajo o encima de los cuales el crecimiento es negativo.

Se tiene también unos valores extremos a partir de los cuales se llega de manera irreversible a la muerte del árbol.

Estos valores se encuentran representados en la gráfica siguiente:

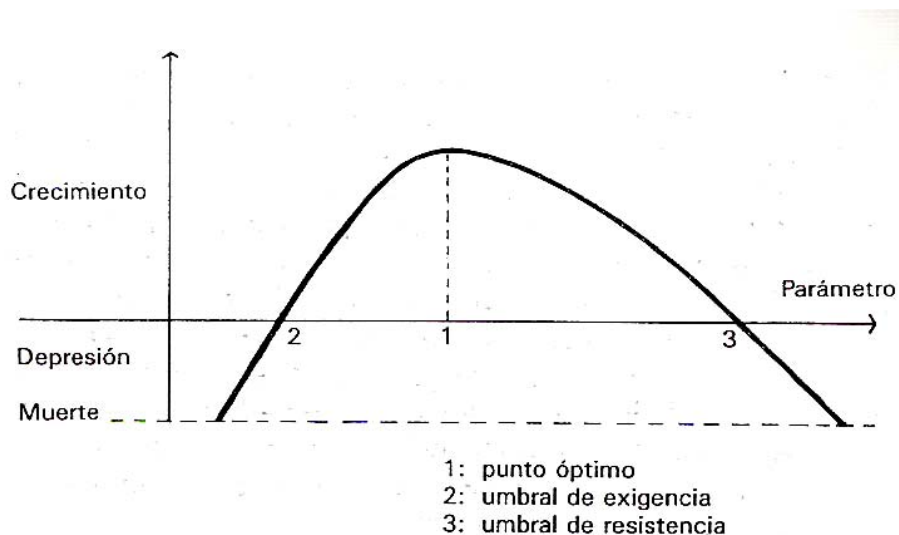


Figura 2. Curva Genérica de Crecimiento

La velocidad de crecimiento es característica de cada especie y está íntimamente relacionada con la altura del árbol y con la longevidad del mismo. Generalizando, se podría decir que aquellos árboles de crecimiento rápido tienen una vida más corta que aquellos cuyo crecimiento es más lento. Árboles con una velocidad de crecimiento rápida alcanzan su máximo desarrollo a los 15 años mientras que si la velocidad es lenta lo alcanzan a los 30 o más años.

El periodo de crecimiento también depende del tipo de árbol o especie. Por un lado, se tiene especies cuyo crecimiento anual se produce en 4 o 5 semanas, coincidiendo con la primavera. En este caso, la tasa de crecimiento varía en

función de las reservas acumuladas durante el año anterior dado que en este periodo las hojas empiezan a brotar y todavía no se acumulan sustancias. Por otro lado, existen árboles cuya etapa de crecimiento coincide con los 3 o 4 meses del periodo vegetativo, cuanto están totalmente desprovistos de hojas.

No obstante, no se puede olvidar que el buen desarrollo de un árbol depende del medio en el que se plante. El medio actúa sobre el individuo, haciendo que éste se adapte a él. Cuanto más adecuado sea el medio, se tendrá un individuo más sano y equilibrado. Asimismo, se puede esperar que árboles plantados en medios inadecuados tengan un desarrollo menor al que tendrían si se encontraran en su hábitat natural.

Sin embargo, con este criterio se quiere distinguir las especies según su velocidad de crecimiento por lo que su adaptación al medio queda relegada a un segundo plano.

De la aplicación de los criterios climáticos anteriormente expuestos se tendría una lista de las especies cuyo buen desarrollo estaría garantizado en la zona. Por tanto, con este criterio no se pretende incidir en la adaptación de las diferentes especies al medio sino clasificar las especies cuya adaptación y buen desarrollo estén garantizados según su velocidad de crecimiento, es decir, según su rapidez en desarrollarse.

Dependiendo del tipo de Obra que se tenga y de las funciones a realizar por las plantaciones se buscarán especies con diferente velocidad de desarrollo.

Si se quiere a través de las plantaciones crear espacios sombríos y de descanso en un paseo marítimo interesarán especies con una velocidad de crecimiento rápido. En el caso de la revegetación de una zona también interesará que el crecimiento sea rápido para que las plantaciones cumplan con su función lo antes posible. Además se deberá realizar esta regeneración con especies autóctonas para que la restauración sea correcta.

Se establecen tres tipos de velocidad de crecimiento: rápido, medio y lento y se determinará la velocidad de crecimiento de un árbol relacionando la altura a los 20 años con la altura máxima final.

La velocidad de crecimiento de una especie afecta especialmente a la altura final y a la profundidad y estructura de las raíces. Asimismo, también condiciona las atenciones y cuidados necesarios. El periodo de crecimiento es la época en la cual una especie requiere un mayor cuidado. Esta época será mayor en árboles de crecimiento lento con una duración de 6 a 8 años mientras que para especies de crecimiento rápido se reduce a la mitad, siendo de 3 a 4 años.

La valoración que se realizará es la siguiente:

Velocidad de crecimiento	H : Altura a los 20 años	Puntuación
Rápida	$H > 2/3 H_{\text{máx}}$	5
Media	$1/3 H_{\text{máx}} < H < 2/3 H_{\text{máx}}$	3
Lenta	$H < 1/3 H_{\text{máx}}$	0

Tabla 3. Puntuación según la Velocidad de Crecimiento

### 5.2.3 Tiempo de Vida

El tiempo de vida de un árbol es un dato muy difícil de conocer dado que depende de muchos factores. Pese a ello, se llama longevidad media a la edad a la que suelen llegar muchos individuos de una especie y, por tanto, se puede considerar más o menos característica de dicha especie.

Éste es un dato importante a conocer por el proyectista de arbolado viario, puesto que a partir de éste podrá hacerse una idea de la vida de la composición a realizar y el mantenimiento o reposición que se deberá hacer de ella.

La vida de un árbol puede variar de pocas decenas de años hasta milenios, siendo un aspecto que no se puede llegar a conocer de forma concreta y exacta. Si las condiciones son óptimas, puede alcanzar tiempos de vida máximo. Sin embargo, la muerte le llega a un árbol por enfermedades o plagas, así como también por accidentes ya sean naturales como una ráfaga de viento fuerte, heladas o incendios o debidos a la mano del hombre, como por ejemplo, el choque de un vehículo. Estos aspectos no se pueden controlar y hacen difícil el conocer la longevidad de las plantaciones realizadas.

Éste es el mayor inconveniente que se deriva de su condición de seres vivos: su vida y su desarrollo y, como consecuencia, el correcto cumplimiento de las funciones a realizar, dependen del medio en el que sean plantadas.

En las Obras Públicas interesa que las plantaciones que duren tanto o más que la obra, eliminando así el coste de reposición, y en coherencia con la vida útil de la obra a la que sirven.

Según su vida media, se puede clasificar los árboles en tiempo de vida corto, medio o longevo. La puntuación es la siguiente:

Tiempo de vida medio	Años	Puntuación
Corto	25	1
Medio	100	3
Longevo	200	5

Tabla 4. Puntuación según el Tiempo de Vida

#### 5.2.4 Necesidad de Suelos Específicos

El suelo es esencial para la vida del árbol ya que le proporciona soporte físico, el agua y los nutrientes que necesita.

De forma genérica, el suelo consta de dos zonas: la capa superficial o suelo vegetal de unos 10-30 cm. de profundidad y que se debe conservar siempre, y el subsuelo o capa más profunda, en contacto con la roca madre del suelo.

El suelo está compuesto por materia sólida (mineral y orgánica), líquida y gaseosa. Para que un suelo sea fértil es necesario que tenga, a grandes rasgos, una composición granulométrica equilibrada, una humedad suficiente y elementos minerales abundantes y no tóxicos. Debe tener también una buena porosidad y un buen drenaje que permitan la buena aireación de las raíces y un nivel de sales bajo.

Una buena adaptación al sustrato existente es tan importante como una buena adaptación al clima. Un árbol que se adapte bien al suelo y admita su pH se desarrollará correctamente y llegará a su madurez sin problemas. Si por contra, la composición mineralógica del suelo no es la adecuada no crecerá con normalidad, no llegando a la altura y dimensiones esperadas y, como consecuencia, no realizará debidamente la función exigida.

La gran mayoría de los árboles viven entre un pH de 6 y 7,5. Sin embargo, existen árboles que requieren suelos con un pH más bajo, terrenos ácidos o no toleran la presencia de cal en el mismo. Se pueden distinguir los siguientes tipos de árboles:



- *Árboles indiferentes a la naturaleza del terreno*: aptos para cualquier suelo.
- *Árboles acidófilos*: necesitan terrenos con un pH variable entre 4 y 6,5, suelos ácidos.
- *Árboles calcífugos*: no toleran la presencia de cal en el suelo, proveniente de un suelo calizo o por la utilización de agua de riego con alto contenido en cal. La cal afecta en la nutrición de la planta, inmovilizando el hierro hasta impedir que sea asimilado. Generalmente, estas especies requieren un pH ácido.
- *Árboles para terrenos básicos, calizos o calcáreos*: son árboles que toleran la presencia de cal en el terreno. El pH que admiten es de entre 7,5 y 10.
- *Árboles que toleran suelos salinos*: los suelos altamente salinos son aquellos con un fuerte contenido en iones sodio. La salinidad puede proceder bien de filtraciones producidas por la proximidad del mar o por el transporte de sales por el viento. Requieren, en general, un pH muy básico, entre 9 y 10.

Destacar que la necesidad de algunas especies de un terreno básico no es tan excluyente como de un terreno ácido. Sin embargo, la acidez excesiva de un terreno se puede corregir añadiendo iones calcio en forma de  $\text{CaCO}_3$ .

La necesidad de suelos específicos es un parámetro muy importante, sobretodo en obras lineales donde el sustrato puede variar mucho de una zona a otra y es necesario adaptar las plantaciones a cada tipo de suelo.

Se distinguirán, por tanto, dos tipos de especies:

Especies	Puntuación
Indiferentes al tipo de suelo	2
Restrictivas	0

Tabla 5. Puntuación según la Necesidad de Suelos Específicos

### 5.2.5 Resistencia a Plagas

Los árboles, y las plantaciones en general, por su condición de seres vivos están expuestos a una serie de agresiones que favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades.

Además de la contaminación ambiental, una poda excesiva desequilibra el desarrollo del árbol y se convierte en un foco de infección al ser zonas de fácil acceso para insectos y hongos. Estas alteraciones en el desarrollo pueden manifestarse de diversas maneras: desde la decoloración o moteado de las hojas hasta la exudación de resina.

La vegetación sometida de manera constante a este tipo de ataques sufre una debilitación y un deterioro progresivo que puede llevarla incluso a la muerte. El otoño es una estación generalmente de lluvias que favorecen la aparición de insectos y hongos. Es la época más delicada, debiéndose observar los tallos y las hojas para detectar posibles plagas y poder controlarlas a tiempo.

Existen especies que resistirán cualquier tipo de ataque mientras que otras, menos resistentes, serán afectadas por algunos o por todos ellos. Los principales tipos de elementos que causan enfermedades son:

- insectos
- hongos
- bacterias
- virus

Con este criterio se intentará valorar las ventajas que presentan especies resistentes a todo tipo de ataque. Las especies que puedan ser afectadas por uno o más tipos de plagas tienen una mayor probabilidad de morir, especialmente en su época de crecimiento. Su muerte conllevará una reposición del mismo, incrementando el coste e incumpliendo las funciones requeridas.

Se valorará, por tanto, con este criterio la resistencia o no de las especies a las enfermedades y plagas, realizando la siguiente clasificación y consiguiente puntuación:

Resistencia	Puntuación
Resistente a cualquier plaga	5
Atacada por 1 elemento	4
Atacada por 2 elementos	2
Muy vulnerable (atacada por más de 3 elementos)	0

Tabla 6. Puntuación según Resistencia a Plagas

La mejor prevención contra los problemas producidos por los parásitos en los árboles es la elección adecuada para cada lugar determinado, atendiendo a las preferencias de cada árbol por las condiciones de temperatura, sol, tipo de suelo o resistencia a la contaminación entre otras. Respetando desde un principio los requerimientos de cultivo de cada árbol se limitará el peligro de posibles ataques.

Por otro lado, hay enfermedades que se dan cada año, especialmente en primavera. Las medidas preventivas consisten en la aplicación de productos insecticidas aplicados directamente en las plantas. Se pueden realizar por medios mecánicos o manuales, si la zona es de difícil acceso. Las fumigaciones con productos insecticidas son muy efectivas. No obstante, hay que constatar su eficacia realizando controles de campo periódicamente.

### **5.2.6 Resistencia a la Sequía**

Como se ha comentado anteriormente, la pluviosidad, juntamente con la temperatura, son los elementos que definen el clima.

En la elección de las especies a plantar este punto será decisivo. Los árboles resistentes en condiciones de sequía son de hojas pequeñas y coriáceas, llegando a ser espinas en lugares de extrema sequía.

Será necesario, por tanto, un estudio exhaustivo para analizar y compaginar la resistencia de estas especies a condiciones de sequía con las funciones a realizar, como crear zonas sombrías, integración en el paisaje, etc.

En el otro extremo se encuentra la excesiva humedad del terreno, característica requerida por numerosas especies. Ambos extremos no son recomendables. Una excesiva sequía lleva a una muerte del individuo matando los nuevos brotes de hojas o aumentando la transpiración. Por otro lado, el exceso de humedad en el terreno puede provocar la asfixia de las raíces y, como consecuencia, también la muerte.

Con este criterio se quiere diferenciar a los árboles que resisten la sequía, es decir, resisten la estación más seca del año que en Cataluña se da en verano. Es importante conocer cual será el comportamiento de las plantaciones realizadas frente a la falta de agua en el terreno que se produce en esta época si no se modifica por medios naturales.

La clasificación en este punto se realizará en relación al Índice de Humedad Mínimo anual que resiste cada especie.

El Índice de Humedad ( $I_h$ ) es un dato aproximado de la cantidad de agua disponible. Se obtiene relacionando la evapotranspiración potencial (ETP) con la pluviosidad (P):

$$I_h = \frac{P}{ETP}$$

La pluviosidad es un dato orientativo de la cantidad de agua de que dispondrá un árbol, dado que hay que tener en cuenta las pérdidas que se producen por gravedad, por escorrentía, por evaporación del agua superficial y por la transpiración de los vegetales. Por otro lado, la evapotranspiración potencial es el agua evaporada durante un periodo de tiempo para un suelo con un suministro óptimo de agua y depende, entre otras cosas, del tipo de vegetación, del tipo de suelo, de las horas de insolación, del viento y de la temperatura.

La clasificación realizada es:

Índice de humedad	Sequía/ Humedad	Puntuación
0,25 a 0,50	SM = Sequía media	5
0,50 a 0,75	SD = Sequía débil	4
0,75 a 1	HD = Humedad débil	3
1 a 1,50	HM = Humedad media	2
Superior a 1,50	HE = Humedad elevada	1

Tabla 7. Puntuación según la Resistencia a la Sequía

### 5.2.7 Resistencia a las Heladas

En el diseño de plantaciones en zonas de alta montaña será importante conocer si las especies a plantar resisten o no las bajas temperaturas y las heladas que se producirán en la zona.

La temperatura de la zona afecta a la fisiología del vegetal. Es necesario conocer las temperaturas mínimas que pueden alcanzarse en una zona sin que éstas afecten al desarrollo y vida del árbol.

En árboles mediterráneos o tropicales las bajas temperaturas o las heladas pueden provocar lesiones crónicas o la congelación de tejidos, produciendo la muerte del individuo. Sin embargo, para los árboles de climas templados y fríos, el frío es necesario para romper el reposo vegetativo y para que después las yemas puedan abrirse.

En esta clasificación se relacionarán la resistencia a heladas de diferente intensidad con la temperatura mínima absoluta que resistan. Dado el mapa isotérmico de temperaturas mínimas absolutas de Cataluña, se tiene en cuenta únicamente tres resistencias, obteniendo la siguiente clasificación:

Resistencia	T <sub>mínima absoluta</sub>	Puntuación
H <sub>F</sub> = Heladas fuertes	-12 °C a -24 °C	5
H <sub>M</sub> = Heladas medias	-6 °C a -12 °C	3
H <sub>D</sub> = Heladas débiles	0 °C a -6 °C	0

Tabla 8. Puntuación según la Resistencia a las Heladas

### 5.2.8 Resistencia a la Proximidad del Mar

Las condiciones que se dan en zonas próximas al mar son muy concretas. Las altas temperaturas y la salinidad del ámbito hacen que las plantaciones a realizar deban tener unas características muy específicas.

Los principales problemas de resistencia son debidos al aire salino y a la salinidad del terreno por infiltración de agua salada.

La deshidratación que se produzca dependerá del grado de salinidad del mar de la zona. También se debe considerar la arena levantada por el viento y llevada contra los árboles, desgastando hojas y ramas y produciendo la deshidratación de sus tejidos. Por tanto, el viento salino implica tanto resistencia mecánica para resistir el embate del viento como resistencia a la salinidad.

Las sales que lleva el aire salino se depositan en las hojas provocando su deshidratación. Es un grave problema ya que no solo se destruyen las hojas sino también las yemas jóvenes orientadas al mar, haciendo que los árboles queden inclinados hacia el lado opuesto. Destacar que los árboles resisten mejor el

viento salino si se encuentran agrupados en un bosque, dado que se protegen el ramaje entre ellos.

En las Fotografías 9 y 10 se puede observar la inclinación que se produce en los árboles debido a la proximidad del mar. En ambas fotografías el mar se encuentra en el lado izquierdo por lo que los pinos se encuentran inclinados hacia el lado derecho debido al viento salino.



Fotografía 9. Pineda inclinada en primera línea de mar. Cubelles



Fotografía 10. Árboles inclinados por el viento salino. Platja d'Aro

Las filtraciones producidas por la proximidad del mar hacen aumentar la salinidad del terreno. Un suelo con un alto contenido en sales solubles será tolerado por unas especies concretas. En general, aquellas especies resistentes al viento salino, también lo son a la salinidad del terreno.

Mencionar que la sal que se deposita en las hojas y en el terreno solo es posible corregirla mediante el agua de la lluvia.

En un ámbito de estas características, las plantaciones deberán realizarse con especies autóctonas, especies adaptadas a estas duras condiciones de viento y salinidad.

En este caso se distinguirán los árboles que resisten la primera línea de mar, segunda línea de mar y árboles que no resisten la proximidad al mar.

Los árboles que resisten la primera línea de mar son aquellos que pueden ser plantados a menos de 100 m. de la línea de mar y en situación muy ventosa. Son árboles utilizados para formar una primera pantalla contra el viento.

Por otro lado, los árboles que resisten una segunda línea de mar toleran la proximidad al mar y un viento salino débil. Deben plantarse a más de 100 m. del mar y estar protegidos. Por último, se tienen los árboles que no resisten el viento salino ni la salinidad de la zona próxima al mar, por muy débil que sea.

Resistencia	Distancia a la línea de mar	Puntuación
1º línea de mar	0 – 100 m	5
2º línea de mar	> 100 m	3
No resisten	-	0

Tabla 9. Puntuación según la Resistencia a la Proximidad del Mar

### 5.2.9 Resistencia a la Contaminación

La resistencia de la vegetación a la contaminación atmosférica es también un criterio importante a tener en cuenta. Este criterio será **fundamental** sobre todo en el **ámbito urbano**, donde la contaminación atmosférica es mayor y, por tanto, centraremos en este ámbito las distinciones a realizar.

En la ciudad, las plantaciones, y especialmente el arbolado, se ven perjudicados por los gases emitidos por el tráfico, las calefacciones, etc. Esta contaminación se deposita en los árboles, concretamente en sus hojas, alterando la fotosíntesis y otros procesos a realizar por el árbol.

Este efecto de filtro se puede observar en las hojas, quedando cubiertas por una capa negra en aquellas avenidas con un tráfico intenso, y solo lo realizan cuando están con hojas. Como consecuencia, en invierno, cuando el tráfico es más intenso y el grado de contaminación es más elevado, los árboles caducos no pueden realizar la función de oxigenadores del ambiente aunque son éstos los que mejor resisten la contaminación.

Las siguientes fotografías muestran como los efectos que la contaminación tiene sobre las plantaciones:

En la primera de ellas, Fotografía 11, se observa como la contaminación va matando poco a poco el árbol, secando sus hojas, siendo las más afectadas las cercanas a la carretera.



Fotografía 11. Árbol afectado por la contaminación. Carretera C-31

En la Fotografía 12 se observa las incrustaciones que se forman en las hojas de diversas plantaciones debido a la contaminación. En este caso, las incrustaciones que se pueden observar son de color gris.





Fotografía 12. Detalle de incrustaciones debidas a la contaminación. Carretera C-31

La gran aportación de los árboles en las ciudades es la filtración de la contaminación y oxigenación del ambiente, mejorando la calidad del aire de la ciudad. Por tanto, se deberán plantar árboles que la resistan. En general, los árboles persistentes tienen una mejor resistencia. Sin embargo, la utilización de árboles perennes resulta óptima dado que conservan las hojas en los periodos de máxima contaminación, es decir, en invierno, mientras que los caducos han perdido las hojas.

De manera simplificada se distinguirán dos grupos de árboles: resistentes o no a la contaminación.

Resistencia a la contaminación	Puntuación
Resisten	5
No resisten	0

Tabla 10. Puntuación según Resistencia a la Contaminación

### 5.2.10 Mantenimiento

Como se ha comentado en diversas ocasiones las especies a plantar son seres vivos y como tales, requieren una serie de cuidados adicionales que otras partidas de la obra no necesitan.

El mantenimiento que se debe realizar a lo largo de toda la vida es un aspecto muy relevante a tener en cuenta. Debe tenerse una idea aproximada de los principales trabajos de mantenimiento que requerirán las especies a plantar antes de realizar la elección para poder combinar el correcto cumplimiento de la función solicitada y la optimización de los costes. Interesarán aquellas especies con un menor mantenimiento puesto que, mientras que la estructura metálica de un puente puede necesitar ser pintada cada 4 o 5 años, un árbol necesita riegos, abono, poda, etc., cada año.

La necesidad de estos trabajos hace de la utilización de las plantaciones un problema. Asimismo, estos trabajos incrementan los costes. **Se deben hacer, por ejemplo, campañas de poda de ramas y arbustos** que han crecido demasiado y puedan dificultar la conducción, ocultando carteles o disminuyendo el gálibo. Son trabajos extraordinarios que otras unidades de obra no necesitan y que hacen más costoso su uso.

Hay que destacar que estos cuidados son más intensos y necesarios durante los 2 o 3 primeros años, periodo inicial de la plantación y considerado el más crítico. Una vez superada, puede considerarse que la plantación ha sido un éxito y se realizará, a partir de entonces, un simple mantenimiento.

Por consiguiente, la clasificación se hará de acuerdo con las velocidades de crecimiento. Una plantación con una velocidad de crecimiento rápida tendrá un corto periodo de aclimatación y, por tanto, un menor mantenimiento.

**Mencionar también que se considerarán especies de poco mantenimiento aquellas que no necesitan riego adicional, resistan la sequía débil o media y no sean delicadas a las heladas. El hecho de escoger especies autóctonas hará que estos trabajos y el riesgo de muerte sean mínimos.**

La clasificación realizada es la siguiente:

Mantenimiento	Puntuación
No requieren mantenimiento	5
Poco	3
Mucho	0

Tabla 11. Puntuación según el Mantenimiento

### 5.3 CRITERIOS SEGÚN LOS ÁMBITOS

En apartados anteriores se han descrito unos criterios objetivos, puntuables y de fácil obtención, puesto que se pueden encontrar en la ficha de cualquier especie, que ayudan a escoger las especies más adecuadas para cada una de las plantaciones a realizar.

Sin embargo, **no todos los criterios tienen la misma importancia**. Dependiendo del lugar donde se realiza la plantación y de las características de la obra, los diferentes criterios serán más o menos decisivos en el momento de efectuar la elección de especies. Como consecuencia, se les dará un peso a cada uno de ellos, siendo éste mayor cuanto más importante sea en el ámbito donde realizar la plantación.

El peso máximo es de 3, asignado a los criterios más decisivos como, por ejemplo, que sean especies autóctonas, resistan la contaminación o requieran poco mantenimiento.

Se tienen también unos criterios secundarios como el tiempo de vida o la necesidad de suelos específicos, con un peso menor.

De esta manera, se tendrá una fórmula para cada una de las situaciones estudiadas. De la aplicación de estas fórmulas a cada una de las especies se obtendrá una puntuación, Puntuación Final ( $P_{final}$ ), que servirá para diferenciar las especies y realizar la elección definitiva. Las especies más adecuadas serán aquellas que obtengan una puntuación más elevada.

Cabe destacar que en esta ponderación se considerarán únicamente los criterios de desarrollo puesto que los criterios climáticos deben ser cumplidos por cualquier especie que pueda ser escogida y no son, por tanto, parámetros de distinción entre las especies porque todas ellas deben estar adaptadas a las condiciones climáticas de la zona.

Dado que la elección de especies dependerá del tipo de Obra, se realizará el estudio diferenciando dos ámbitos: el ámbito viario y el ámbito marítimo.

En el apartado siguiente se analizarán cada uno de estos ámbitos definiendo las características de cada uno de ellos y las funciones a realizar por las plantaciones. Sin embargo, a continuación se destacan los criterios más importantes en cada ámbito y se explicitan las fórmulas a utilizar.

Para la realización de las siguientes fórmulas es necesaria la abreviación de los criterios anteriormente descritos. Las abreviaciones utilizadas son las siguientes:

- Especies autóctonas:  $E_{\text{autóctonas}}$
- Velocidad de crecimiento:  $V_{\text{crec}}$
- Tiempo de vida:  $T_{\text{vida}}$
- Necesidad de suelos específicos:  $S_{\text{esp}}$
- Resistencia a plagas:  $R_{\text{plagas}}$
- Resistencia a la sequía:  $R_{\text{sequía}}$
- Resistencia a las heladas:  $R_{\text{heladas}}$
- Resistencia a la proximidad del mar:  $R_{\text{mar}}$
- Resistencia a la contaminación:  $R_{\text{contaminación}}$
- Mantenimiento:  $M$

Algunos de estos criterios están íntimamente relacionados con la localización de la obra. Son criterios cuya importancia depende de la zona donde se realice la obra y no del árbol. Estos criterios son la resistencia a la sequía, a las heladas o a la proximidad del mar.

Para introducir la variabilidad presentada por estos criterios se definen los parámetros **A**, **B** y **C**.

En autopistas y autovías, así como también en carreteras secundarias, al ser obras lineales y de gran extensión, estos criterios dependerán del tramo donde se realice la plantación. Los parámetros **A**, **B** y **C** introducirán en las fórmulas la importancia de la localización.

El parámetro **A** representará la variabilidad de la Resistencia a la Sequía. En carreteras que discurren por zonas muy secas y áridas, **A** tomará un valor de 3. En caso contrario, es decir, en zonas húmedas, su valor será 0,3. Este parámetro tomará un valor de 0,3 y no 0 en el caso de realizar la plantación en zonas húmedas porque, aunque se realice en una zona con cierta humedad, puede darse en cualquier momento un periodo en el cual el agua escasee y la plantación tenga que sobrevivir en condiciones de sequía. Por tanto, es necesaria en todos los casos una mínima resistencia a ella.

En el caso del parámetro **B**, representante de la Resistencia a las Heladas, los valores serán de 3 cuando las plantaciones se deban efectuar en zonas de heladas frecuentes y de 0 cuando se realice en zonas donde no nieve.

Por último, el parámetro **C** introducirá en las fórmulas la variación presentada por la Resistencia a la Proximidad del Mar. En carreteras cercanas al mar su valor será de 3, dándole de esta manera una gran importancia a esta resistencia.

Por otro lado, tomará un valor de 0,3 en zonas no próximas al mar debido a la gran influencia que éste tiene, pudiéndose notar incluso a 100 km. de distancia.

Estos valores propuestos quedan recogidos en las tablas siguientes:

<b>Resistencia a la sequía</b>	<b>A</b>
Zonas Secas	3
Zonas húmedas	0.3

Tabla 12. Puntuación del Parámetro A

<b>Resistencia a las heladas</b>	<b>B</b>
Con heladas	3
Heladas débiles	1.5
Sin heladas	0

Tabla 13. Puntuación del Parámetro B

<b>Resistencia al mar</b>	<b>C</b>
Zonas Próximas al mar	3
Zonas alejadas del mar	0.3

Tabla 14. Puntuación del Parámetro C

Cabe mencionar que las fórmulas dadas son genéricas y no pueden alcanzar la infinidad de casos existentes. Los pesos dados y las puntuaciones obtenidas son para unas situaciones específicas.

Asimismo, los coeficientes propuestos en las fórmulas deberán ser ajustados más acuradamente. Sin embargo, este ajuste sería objeto de estudio de otro trabajo.

Estas situaciones deberían concretarse para casos, como por ejemplo, taludes con diferente orientación, norte o sur. En climas como el de Cataluña, esta diferencia de orientación puede hacer variar de manera significativa los requerimientos a exigir a las plantaciones. Por tanto, estas situaciones concretas modificarían sensiblemente los pesos dados a los diferentes criterios.

Destacar también que los pesos y valores propuestos en estas fórmulas han sido comentados con el catedrático de proyectos de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, con un ingeniero y geógrafo, profesor del Departamento de Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, experto en Estudios de Impacto Ambiental, y con un ingeniero técnico agrónomo de Parcs i Jardins.

### 5.3.1 **Ámbito Viario**

El ámbito viario es el mayor exponente de las Obras Públicas. En este sector realizan las mayores infraestructuras así como una mayor incursión en el paisaje.

Asimismo, existe una gran diversidad de carreteras, desde las grandes autopistas que unen las ciudades más importantes hasta las carreteras que serpenteando montañas nos ayudan a llegar a los lugares más recónditos. Y cada uno de este tipo de infraestructuras tendrá unas características ineludibles a tener en cuenta que se reflejarán en la mayor o menor importancia de los criterios anteriormente descritos.

Se distinguirán tres situaciones diferentes en este ámbito:

- Autopistas y autovías
- Carreteras secundarias
- Carreteras de alta montaña

#### 5.3.1.1 **Autopistas y autovías**

A la hora de seleccionar las especies a plantar en autopistas y autovías todos los criterios anteriormente expuestos son importantes. Sin embargo, destacar que un bajo mantenimiento y que sean especies autóctonas son especies más decisivas que, por ejemplo, la necesidad de suelos específicos o el tiempo de vida, considerados criterios secundarios puesto que si son especies autóctonas ya estarán adaptadas al suelo y la vida mínima, si no se da ninguna alteración, es de 25 años, tiempo suficiente para amortizar su coste.

También mencionar la necesaria resistencia a la contaminación, dado que las autopistas y autovías son vías con un tráfico muy intenso. Por otro lado, la

resistencia a la sequía, a las heladas o a la proximidad del mar serán más o menos relevantes dependiendo de la ubicación de la vía.

En nuestro estudio, centrado en la zona de Cataluña, serán relevadas a un segundo plano las resistencias a las heladas y a la proximidad del mar, parámetros que serán más decisivos en carreteras de alta montaña y en paseos marítimos, respectivamente.

La fórmula propuesta en el caso de autopistas y autovías es la siguiente:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autótonas} + 2 \cdot V_{crec} + 1 \cdot T_{vida} + 1 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + \\ + A \cdot R_{sequía} + B \cdot R_{heladas} + C \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 1. Fórmula de implantación para Autopistas y Autovías

### 5.3.1.2 Carreteras secundarias

En el caso de una carretera secundaria se tienen las mismas circunstancias que en una autopista o una autovía. La importancia de los diferentes parámetros dependerá de la zona donde se construya la carretera.

De esta manera, si se construye una carretera cerca de la costa, la resistencia a la proximidad del mar será un atributo más valorado.

Sin embargo, como en el caso anterior, unas características son más relevantes siendo aconsejable cumplirlas. Son, por ejemplo, la resistencia a plagas o un bajo mantenimiento así como también la utilización de especies autóctonas.

En este caso la fórmula planteada es:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autótonas} + 2 \cdot V_{crec} + 1 \cdot T_{vida} + 1 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + \\ + A \cdot R_{sequía} + B \cdot R_{heladas} + C \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 2. Fórmula de implantación para Carreteras Secundarias



### 5.3.1.3 Carreteras de alta montaña

Sin lugar a dudas, el criterio más importante en las carreteras de alta montaña es la resistencia de las especies a las heladas dado que nos encontramos en una zona donde el frío y la nieve están presentes prácticamente todo el año. Por tanto, el peso de este criterio será de 3.

Asimismo, destacar que las especies autóctonas garantizaran una buena adaptación a unas condiciones de clima y sustrato difíciles. Las zonas de alta montaña tienen una vegetación muy específica y concreta capaz de soportar todo tipo de inclemencias meteorológicas. Por tanto, el realizar las plantaciones con especies autóctonas será uno de los parámetros más importantes en las Obras realizadas en alta montaña.

Sin embargo, las resistencias a la sequía o a la proximidad del mar son parámetros poco decisivos en esta situación. Su peso será de 0,3 para la resistencia a la sequía y 0 para la resistencia a la proximidad del mar dado que no es incoherente pedirle a una especie que será plantada en alta montaña que resista el aire salino y la proximidad del mar.

La fórmula propuesta en este caso es la siguiente:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autóctonas} + 2 \cdot V_{cres} + 1 \cdot T_{vida} + 2 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + 0,3 \cdot R_{sequía} + 3 \cdot R_{heladas} + 0 \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 3. Fórmula de implantación para Carreteras de Alta Montaña

### 5.3.2 Ámbito Marítimo

Los paseos marítimos constituyen un marco muy diferente de las infraestructuras viarias. A pesar de que la costa es muy extensa, las principales funciones a cumplir son las mismas: la defensa del litoral, garantizar el acceso y uso público de la playa y la protección y conservación de los valores naturales.

Igualmente, las funciones a realizar por las plantaciones en ellos son las mismas. Con las plantaciones se busca la integración del paseo en el paisaje, crear zonas sombrías o hacerlo visualmente atractivo.

Esta situación es muy especial y específica. El criterio más relevante en esta situación será la resistencia a la proximidad del mar. Las especies que se planten deberán resistir la salinidad y las duras condiciones del territorio litoral. Como consecuencia, el peso de este parámetro en la fórmula propuesta tendrá un valor de 8. De esta manera, quiere remarcarse la gran importancia que este criterio tiene en esta situación.

Otros parámetros importantes serán la resistencia a la sequía, que sean especies autóctonas y tengan una velocidad de crecimiento rápido, para que cumplan su función lo antes posible.

Por otro lado, también será importante que tengan un mantenimiento mínimo. Los trabajos a realizar son costosos. De esta manera, el paseo presentará siempre un aspecto limpio que invite a relajarse y disfrutar en él.

Al contrario que en el caso de carreteras de alta montaña, en estas circunstancias el parámetro de Resistencia a las Heladas tendrá un peso de 0,01 puesto que en Cataluña en raras ocasiones nieva en la costa, y si lo hace, es de forma muy débil.

La fórmula propuesta es:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autóctonas} + 2 \cdot V_{crec} + 1 \cdot T_{vida} + 2 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + \\ + 3 \cdot R_{sequía} + 0,01 \cdot R_{heladas} + 8 \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 4. Fórmula de implantación para Ámbito Marítimo

### 5.3.3 Valor de Referencia.

De la aplicación de las ecuaciones anteriores se obtiene la Puntuación Final de cada especie. Sin embargo, esta puntuación no será útil sin un valor de referencia que establecerá la escala de valores para cada situación.

Este valor de referencia se definirá suponiendo que se tiene una especie "ideal". Se puntuará, por tanto, una especie idónea para cada una de las situaciones y la puntuación final obtenida por dicha especie "ideal" fijará el valor de referencia u óptimo.

Las puntuaciones finales obtenidas por las diferentes especies se compararán con dicho valor, viéndose de esta manera si son las adecuadas o no para realizar las plantaciones.

De entre todas las especies puntuadas en el ámbito marítimo, el Abedul es la que ha obtenido una mayor puntuación. Las características a destacar son que es una especie autóctona con un crecimiento rápido y longeva, resistente a la contaminación y a las heladas medias, solo atacad por un elemento y no requiere mantenimiento. Su puntuación es de 72,8. Por tanto, se fijará un valor de referencia en 80-85 puntos. Mencionar que la puntuación obtenida por una especie “perfecta” en sus características en esta situación es de 75.

En el caso del ámbito marítimo, el Espino de Jerusalén es la especie con una mayor puntuación, 116. Esta especie es autóctona, de crecimiento rápido, resiste a todo tipo de plagas, a la proximidad del mar y a la contaminación. El único inconveniente es su corta vida. Por tanto, se establecerá el valor de referencia alrededor de 115-120 puntos puesto que algunas de estas características pueden mejorarse. En este caso, la puntuación de una especie “perfecta” en todas sus características es de 129.

Se tienen entonces unos valores óptimos a los cuales referenciarse y saber así la idoneidad de las especies.

Ámbito	Valor de Referencia
Viario	80-85
Marítimo	115-120

Tabla 15. Valores de Referencia

Cabe mencionar que es difícil y complicado dar un valor de referencia porque siempre habrá alguna característica que no será la idónea. Una especie que resiste la proximidad del mar puede tener un crecimiento lento o requerir mucho mantenimiento. Por tanto, a partir de las valoraciones de diferentes especies se dan unos valor aproximado de estos valores de referencia u óptimos.

### 5.3.4 Ejemplos

En el Anexo 1 se propone una Ficha de Especies Tipo que consta del nombre común y latino de la especie, la familia, las características más destacables y los principales usos. Asimismo, esta ficha contiene una tabla que recoge las puntuaciones de los Criterios de Desarrollo así como la Puntuación Final, dato que servirá para diferenciar y escoger la especie más adecuada en cada situación.

Se comentan a continuación algunas especies de cada uno de los ámbitos estudiados. Se presenta también una comparativa de las puntuaciones obtenidas con el valor de referencia. Las fichas de las especies están adjuntas en el Anexo 1.

#### 5.3.4.1 Ámbito Viario

Dado que las infraestructuras viarias son muy extensas y discurren por numerosos hábitat de características muy distintas, se ha realizado la ficha de los árboles que son utilizados frecuentemente en las carreteras. Sin embargo, para poder obtener una Puntuación Final de cada especie es necesario concretar una situación.

Se supondrá que la obra donde se realizan las plantaciones es una autopista, cuyo tramo a plantar corresponde a una zona húmeda, alejada del mar y con heladas débiles.

La fórmula de implantación a utilizar en este caso es la del ámbito de Autopistas y Autovías vista en el apartado 5.1.3.1 y los valores de **A**, **B** y **C** son 0.3, 1.5 y 0.3.

Las puntuaciones obtenidas por las plantaciones son las siguientes:

Árbol	Puntuación
<b>Valor de Referencia</b>	<b>80-85</b>
Abedul	72.8
Álamo Temblón	60.1
Arce Blanco	65.1
Arce Común	71.7
Ciprés Común	49
Haya	66
Pino Silvestre	70.8
Sauce Llorón	59.7

Tabla 16. Puntuaciones Finales de las Especies estudiadas del Ámbito Viario

Como se puede observar para esta situación las especies que mejor se adaptan son el abedul, el arce común y el pino silvestre puesto que son las que han obtenido una mayor puntuación.

Mencionar también que pueden considerarse especies idóneas para realizar plantaciones en zonas de estas características dado que han obtenido una puntuación cercana al valor de referencia.

#### 5.3.4.2 Ámbito Marítimo

Las especies vegetales de las regiones costeras mantienen unas características muy peculiares, producto de una obligada adaptación al medio donde viven. Estas plantaciones deben ser resistentes, ante todo, a la salinidad y a la desecación.

En este caso, la fórmula de implantación a utilizar es la específica para ámbitos marítimos, definida en el apartado 5.3.2., y no es necesario definir una situación. La plantación se efectúa en la zona costera.

Las especies que se han estudiado y puntuado son específicas para zonas próximas al mar.

La tabla siguiente recoge las puntuaciones finales obtenidas y en el Anejo 1 se adjuntan sus fichas.

Árbol	Puntuación
<b>Valor de Referencia</b>	<b>115-120</b>
Espino de Jerusalén	116
Mimosa	95
Morera Blanca	109.03
Morera del Papel	94.03
Palmera Datilera	106
Pino Piñonero	114.03
Pino de Pisos	98
Plátano de Sombra	89.03
Tamariz Negro	101

Tabla 17. Puntuaciones Finales de las Especies estudiadas del Ámbito Marítimo

La especie que ha obtenido más puntos es el Espino de Jerusalén, con una puntuación cercana al valor de referencia. En general, todas las especies valoradas han obtenido una puntuación elevada y cercana al valor óptimo, dado que son especies específicas para este ámbito, capaces de resistir las duras condiciones que se dan en la zona costera.