

Entre el cielo y la tierra: el ignorado alcorque

«Una ciudad geométrica, lineal, hace gente geométrica, lineal: una ciudad inspirada en un bosque hace seres humano»

El árbol
John Fowles (1926-2005)

Las aceras están colmadas de obstáculos, que en ocasiones pueden resultar excesivos para el viandante urbano. Existe en estos accesos peatonales una amalgama de luminarias, papeleras, bancos, paradas de autobús, señales de tráfico, quioscos y cualquier otro elemento por extravagante que nos pueda parecer. Y en todo este conjunto se encuentra probablemente el más humilde: el alcorque. Pero las apariencias pueden engañarnos, pues en realidad se trata de uno de los ingredientes más imprescindibles de la calle. El alcorque no es un elemento más, su presencia permite la introducción del árbol en la ciudad.

No vamos a negar que muchos muestran inadecuadas localizaciones, una falta de un mínimo tratamiento estético o un incorrecto mantenimiento, lo que los convierte en una fuente de conflictos en la vía urbana. Generan inconvenientes en la accesibilidad, se convierten en elementos antiestéticos o en lugares donde se acumula la suciedad. Y ello es debido a una evidente falta de diseño o una deficiente conservación, ofreciendo a los transeúntes una mala imagen de la calle. De ahí que, por lo general, estas estructuras, a pesar de su importancia, estén mal consideradas por el ciudadano.

Figura 35. Alimentación de falsa acacia (*Robinia pseudoacacia* 'Unifolia'), compartiendo el alcorque con cola de zorro (*Fernisetum villosum*).

Simplemente, son elementos molestos. Por lo tanto, se intenta mimetizarlos lo más posible dentro del entorno urbano. En ocasiones, dándoles unas formas extravagantes como signo de modernidad. Que más piensan en el diseño que en el propio árbol. Una incoherencia más, un espacio destinado para el árbol, que no resuelve sus necesidades reales.

Una alternativa común ha sido otorgar a este elemento unas ridículas dimensiones. Medidas ya previamente condicionadas por la gran cantidad de instalaciones que recorren el subsuelo. Lo que demuestra una total falta de empatía hacia el árbol. Probablemente haya quien entienda que un alcorque pequeño será una fuente más pequeña de molestias. Pero, se equivocan, pues al contrario, se convertirá en el origen continuo de conflictos con el árbol. Como declara el paisajista Albert Bestard: *"Es una batalla entre las infraestructuras urbanas y los árboles: o bien gana el árbol (levantamiento de pavimentos, obturación de redes de saneamiento, etc.) o bien gana la infraestructura (falta de vigor del árbol, que puede manifestarse mediante múltiples síntomas bióticos)"* (Bestard, 2012). Aunque, como sabemos, lo común es que el árbol se vea de una u otra manera perjudicado. Dando lugar a un reducido crecimiento, carencias nutricionales, atrofia y malformaciones radiculares, envejecimiento prematuro, etc.

Otras propuestas más racionales, exploran la posibilidad de hacer que estos pequeños espacios sean pisables. El alcorque deja de ser un obstáculo, independientemente de su tamaño, y se elude la compactación de la tierra vegetal. La instalación sobre un cerco perimetral

de algún tipo de recubrimiento puede llegar a ser una atractiva solución. Si bien, a algunas empresas de mantenimiento no parece gustarles la idea, al considerar que ralentizan sus labores de limpieza.

En un curioso alarde de creatividad, hay quien plantea sencillamente que el alcorque desaparezca. Para ello sugieren el empleo de áridos mezclados con una resina aglomerante, capaz –una vez extendido y seco– de admitir el pisoteo. Convirtiendo, ahora sí, al árbol en un miembro más del mobiliario. Sus comerciales aseguran que entre sus virtudes están su permeabilidad al agua y al aire. Lo cual resulta, al menos dudoso, pues el propio árido limita de forma considerable esa transferencia. Pero además, para su instalación será necesario realizar una excavación de unos 20-30 cm (allí donde el árbol tiene sus raíces funcionales) y compactar, afectando a la estructura de la tierra vegetal e impidiendo esa asegurada absorción de líquidos y gases.

El alcorque no es un elemento decorativo más, pues su presencia permite la introducción del árbol en la ciudad.

Una de las premisas debe ser que los alcorques tengan unas dimensiones adecuadas al árbol que vamos a plantar; o que al menos la especie seleccionada sea acorde con el espacio al que va destinado (véase en este mismo capítulo: *El tamaño importa: atrofia*



Figura 36. Desarrollo anormal por espacio insuficiente.



Figura 37. Conflicto entre las raíces y el pavimento.



Figura 38. Las raíces del árbol que sobresalen del pavimento.

radicular). Pero como siempre existen otras opciones que pueden resultar de interés para los peatones,

Debemos tener en consideración que en las aceras existe una banda dinámica y, en relación con su anchura, tendrán una banda estática donde se encuentra el mobiliario y debe situarse el alcorque, lo que facilita la movilidad del ciudadano. Por lo tanto, es necesario que los árboles se ajusten a estas zonas. Ahora bien, el alcorque podría ocupar parcialmente la banda dinámica siempre que sea transitable. Otra opción será hacer los alcorques mucho más largos en la dirección de la calle, evitando conflictos con los peatones. ¿Quién ha dicho que los alcorques tienen que ser cuadrados? Haciéndolos rectangulares podríamos conseguir espacios mucho más generosos para las raíces de los árboles, pues aunque el ancho se encuentra mucho más condicionado, la longitud podría ser casi infinita (teniendo en cuenta el acceso a las bandas de aparcamiento, los pasos peatonales, paradas de autobús, etc.). Pero evolucionemos un poco más. A partir de ahí, proponemos recuperar estos espacios yermos. Para ello, podemos realizar otro tipo de plantaciones compatibles con las especies arbóreas. Plantas arbustivas y vivaces cubriendo los alcorques a diferentes alturas, en relación con la calle y las dimensiones disponibles. Lo que además de embellecer los paseos, evitará la compactación de la tierra vegetal e, incluso, corregirá los problemas de estructura del terreno que suelen presentar estas zonas.

Por lo tanto, estos espacios se convierten en una oportunidad. Nos permiten extraer de las zonas verdes, a las que suelen estar reservadas, otro tipo de plantaciones. Creando un estrato medio poco común en el viario urbano. Preferentemente, las especies seleccionadas deberán ser de bajo mantenimiento, para evitar incrementos en el presupuesto municipal, y se cuidará de no dañar las raíces de los árboles.

Pero sigamos avanzando un paso más, pues en la actualidad existen interesantes experiencias incorporando hierbas comunes a estas zonas. De tal modo que estos espacios marginados recuperen la atención del ciudadano. Se podrían emplear aquellas hierbas que "hacen paisaje". Servirían además de reservorios para el refugio de los insectos auxiliares útiles en la gestión integrada de plagas (GIP), tal y como recomienda el *Real Decreto 1311/2012*.¹

De esta forma introduciríamos pequeños retazos de naturaleza e incrementaríamos la biodiversidad de la ciudad. Potencialmente cualquier alcorque, además de aumentar su atractivo durante la floración de estas especies, se convertiría en un lugar de aprendizaje donde observar nuestras hierbas más comunes, sensibilizando y reeducando al ciudadano. Como efecto secundario, la presencia de estas hierbas fomentaría la aparición de polinizadores. Recordemos que recientes investigaciones relacionan el cambio climático con un drástico descenso de las poblaciones de estos insectos (Obeso / Herrera, 2018). Estas hierbas, se convierten en nuestras aliadas, por lo tanto, dejemos de perseguirlas como si fueran convictas de algún inconfesable crimen. Ya lo dijo Rachel Carson a mediados del siglo pasado en *Primavera silenciosa*, su obra más conocida: "*Muchas son destinadas a la destrucción simplemente porque, según nuestra visión miope, resultan estar en el lugar equivocado y en el momento inadecuado*" (Carson, 2016) (Gómez Fdez., 2017).

¹ El Real Decreto 1311/2012, del 14 de septiembre, recogen en su Anexo I:

La prevención o la eliminación de organismos nocivos debe lograrse o propiciarse, entre otras posibilidades, especialmente por:

...
f) protección y mejora de los organismos beneficiosos importantes, por ejemplo con medidas fitosanitarias adecuadas o utilizando infraestructuras ecológicas dentro y fuera de los lugares de producción y plantas reservorio.



Figura 39. Suelo compactado y severos daños basales.

De gran interés es la ciudad de Nantes donde las hierbas crecen con total libertad por la ciudad. Y ello, sin que exista una percepción de abandono o descuido en relación a las malas hierbas, sino todo lo contrario. El Ayuntamiento de Nantes lo considera restaurar la biodiversidad en la ciudad. Autoridades locales y los propios habitantes comprenden que la vegetación también debe crecer en la ciudad. Tal y como recoge Claude Figureau, exdirector del Jardín Botánico de Nantes, se trata de *"la invención de materiales y construcciones capaces de recibir toda esta biodiversidad y así transformar la ciudad en campo"*. El consistorio ha organizado desde el 2013 la campaña *"Me rue en fleurs"* (Mis flores en la calle). Una acción en la que los vecinos de esta ciudad distribuyen por las calles durante la primavera 4.000 semillas (Martín, 2016).



Figura 40. Algunas hierbas espontáneas pueden embellecer los alcorques de las calles. Manzanilla bastarda (*Anacyclus clavatus*).

Esta puede ser una forma sencilla de dar una solución a algunos de estos espacios residuales de nuestras urbes. El paisajista francés Gilles Clément² los ha denominado *"tercer paisaje"*. Unos *"espacios indecisos, desprovistos de función, a los cuales resulta difícil darles nombre... todos ellos constituyen un refugio para la diversidad"* (Clément, 2018). Lugares hasta ahora olvidados y molestos que se podrían convertir en pequeños museos donde admirar la belleza de estas "hierbas rebeldes".

² Gilles Clément (1943) es paisajista y botánico. Profesor en la Escuela Nacional Superior de Paisajismo de Versailles. Destaca por sus interesantes teorías «el jardín planetario», «el jardín en movimiento» y «el tercer paisaje». Estos conceptos se basan en la observación de un paisaje que siempre está en movimiento. Propone, dejar que actúe la naturaleza, incluso en el propio jardín. Así, reivindica unas plantaciones dinámicas de forma permanente, un jardín que evoluciona cada año.

Resumiendo, si queremos árboles en nuestras ciudades, no debemos olvidar a los alcorques y, a ser posible, cuanto más grandes mejor. Estas infraestructuras nos servirán como plataforma tanto para embellecer la ciudad como para aumentar su biodiversidad. Un paso empieza un camino, cualquier pequeño gesto es importante.

El tamaño importa: atrofia radicular

Es conocida la referencia del ingeniero de caminos e historiador George Lefebvre (1874-1959) donde recoge en su tratado *"Parques y Jardines Municipales"* como recomendación para el establecimiento de los árboles en la ciudad de un ancho mínimo de 4 m. Durante principios del siglo XX, los paisajistas franceses modificaron esta cifra por considerarla elevada y la situaron en 3 m. Sin embargo, a partir de los años 80 se recogen en los documentos técnicos de las principales ciudades europeas una recomendación mucho más reducida, de 1 m. Hasta llegar a la actualidad donde podemos observar en algunas ciudades cómo existen alcorques mucho más reducidos (Castillo / Pastrana, 2015).

No cabe duda de que si queremos tener árboles de calidad en la ciudad deberemos garantizar un adecuado desarrollo de su sistema radicular.

Plantar un árbol en un alcorque siempre supondrá una limitación.

Recordemos que lo que le ocurra a las raíces del árbol se verá reflejado en su parte aérea. Unas raíces fuertes y vigorosas asegurarán una larga vida al árbol; ello le permitirá disponer de un buen anclaje, una buena asimilación de oxígeno, una adecuada nutrición y una correcta hidratación.

Lo primero que debemos recordar es que el sistema radicular tiene un crecimiento radial, partiendo del tronco hacia el exterior, y, sobre todo, en horizontal. Lo que supone un importante inconveniente en el medio urbano dada la escasez de espacio disponible.



Figura 41. Imagen de *Quercus* sp. Compárese el desarrollo de la parte aérea con el sistema radicular. Ilustración de Dr. Gary Watson, *Morton Arboretum*.

Si bien es cierto, que el desarrollo de las raíces estará muy condicionado por el entorno. Por lo tanto, en aquellos lugares donde los recursos no son homogéneos, las raíces modificarán su hábito de crecimiento gracias a su gran plasticidad y capacidad de adaptación. Pero a pesar de lo que habitualmente se cree no son el agua y los nutrientes los que marcarán las pautas principales de su desarrollo. No olvidemos que el oxígeno es fundamental para la planta en el proceso de la asimilación de la glucosa. Por lo tanto, será este elemento el principal factor de ordenación del sistema radicular. Pues bien, dado que será en la superficie donde mejor se puede abastecer el árbol de los nutrientes, el agua y el oxígeno, la mayor parte de sus raíces estarán situadas entre los primeros 20-40 cm del suelo (Passola, 2006). Así, será difícil que estas raíces excedan de entre 1 a 1,5 m de profundidad (raramente superarán los 2 m), aunque la falta de agua puede ser un importante condicionante. A pesar de los numerosos estudios que se han realizado al respecto, es complejo discernir la arquitectura de la raíz propia de la especie con la influencia que pueda ejercer el entorno. No olvidemos que las raíces son oportunistas y tienden a crecer allí donde las condiciones del suelo son favorables. En entornos urbanos, estas condiciones a menudo se pueden dar en alcantarillas dañadas

o tuberías con fugas. Como veremos existen cuatro importantes limitaciones para el desarrollo de las raíces: resistencia mecánica (compactación), aireación, fertilidad (química) y humedad (Goodwin 2017).

Esta profundidad máxima será alcanzada en edades muy tempranas para después estabilizarse. Algunos investigadores han podido constatar que un ejemplar de mediana edad posee el 80 % de sus raíces con un diámetro inferior a 2 cm. Asimismo, aquellas que superan los 10 cm de diámetro tan solo representan el 1 o 2 %.³ (Drénou *et al.*, 2006).

Numerosas investigaciones demuestran que, en lugar de profundos sistemas de raíces, el desarrollo es muy superficial, por lo general concentrado en el metro superior de suelo y raramente alcanza más de 2 m. Lo habitual es que el árbol disponga la mayor parte de sus raíces no más allá de los 80 cm. Recordemos que Pierre Rimbault advierte que tras múltiples repicados –práctica habitual en la producción de arbolado ornamental–, la planta pierde la capacidad de restaurar el sistema radicular jerarquizado y tiende a un sistema fasciculado, afectando a su capacidad

³ Estudios realizados con pino de Monterrey (*Pinus radiata*).

de anclaje, al abastecimiento de agua y nutrientes y, probablemente, a su profundidad (Iguñiz, 2005).

Plantar un árbol en un alcorque siempre supondrá una limitación. Si bien es cierto, que cuanto mayor sea el espacio donde se vaya a plantar el árbol mejor será su desarrollo. El problema que nos encontramos en las ciudades es que no suelen disponer de mucho espacio, al menos para el árbol. Parece también razonable pensar que el tamaño de la acera condiciona el tamaño del alcorque, dado que el árbol será un obstáculo para el viandante. Así mismo, el tamaño del alcorque debería, aunque no siempre lo hace, condicionar el tamaño del árbol. Y, por lo tanto, en algunas ocasiones, si no se garantiza un tamaño mínimo, la opción más razonable será simplemente no plantar árboles.

Para evitar que esto ocurra debemos fijar unas medidas mínimas y una relación entre el tamaño de los alcorques y el desarrollo de los árboles.



Figura 42. Relación entre el tamaño del árbol y la distancia de plantación.

Profundidad

Como se ha descrito, el árbol no requiere de grandes profundidades para establecerse con garantías. Por lo tanto, no suele existir una importante limitación en este sentido. En las plantaciones de viario, independientemente del desarrollo de la especie elegida, deberemos garantizar una profundidad mínima de tierra vegetal de entre 0,80 a 1 m.

En caso de actuar sobre cubiertas o aparcamientos subterráneos, a pesar de disponer del citado espesor, siempre se deberán establecer los árboles con anclajes

subterráneos que reemplacen la función de sujeción perdida por la desaparición de sus raíces pivotantes.

Superficie

Algunos autores establecen como norma básica para el tamaño de los alcorques tener en consideración el desarrollo de la base del tronco. Para su cálculo se aplica la siguiente fórmula. El diámetro del tronco que podrá alcanzar la especie seleccionada a 1,40 m de altura. En base a esta medida, y multiplicada por 2-3 veces, obtendremos el lateral del alcorque (Urban, 2008). Este dato puede ser de utilidad para, en el caso de cubrir los alcorques, tener en consideración lo que llegará a crecer el tronco.

Sin embargo, es necesario dar al árbol un espacio mucho mayor. Tengamos en consideración que lo habitual es que la superficie del alcorque sea la única permeable de la calle. Por lo tanto, a mayor

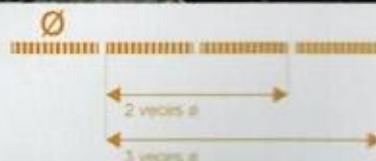


Figura 43. Método para la estimación del desarrollo basal del árbol.

superficie filtrante, mayor entrada de agua, nutrientes y oxígeno. Parece evidente que el alcorque se hace fundamental para favorecer un mínimo intercambio de gas y suministro de agua y nutrientes (Selga, 2012).

Sin ninguna duda el alcorque limita el desarrollo de la base de los árboles y causa conflictos cuando alcanza un cierto tamaño. De forma que sus dimensiones deberán ajustarse a las expectativas del desarrollo de la base del árbol para evitar las malformaciones del cuello y que sus raíces levanten el pavimento.

En ocasiones se pretende dar solución a los problemas causados por alcorques estrechos empleando barreras antiáiz. Sin embargo, estos sistemas tan solo solucionarán temporalmente el problema. Estas barreras actúan como deflectores que desvían la dirección de las raíces hacia abajo evitando el conflicto con el bordillo. Esta alteración de la trayectoria podría ocasionar problemas de espiralización radicular, causando serios inconvenientes de atrofia y anclaje. Algunas de estas barreras poseen sistemas que evitan el reviramiento de la raíz. Pero, dadas sus propias necesidades, una vez salvado el obstáculo volverá a subir a la superficie en busca de los recursos que necesita.

A todos los efectos, el lado mínimo de un alcorque no debe ser inferior a 1 m y la superficie mínima deberá ser alrededor de 1 m² (véase tabla). Sin embargo, algunos autores aseguran que aquellos alcorques con lados menores de 1,50 m presentaron, en su totalidad,

daños en los pavimentos que les rodeaban (Castillo/ Pastrana, 2015).

Volumen

Sin lugar a dudas, el volumen será el que realmente condicionará el desarrollo y viabilidad futura del árbol. Cuanto mayor volumen posea un árbol, mejores serán sus condiciones.

Existe una gran variación en relación con la bibliografía existente. Algunas excesivamente conservadoras y otras que hacen inviable su aplicación en el entorno urbano. A continuación se realiza una propuesta de síntesis que relaciona el tamaño del árbol y las dimensiones mínimas necesarias para el alcorque:

Parte de árbol	Anchura mínima (m)	Superficie de alcorque (m ²)	Volumen óptimo (m ³)
Pequeño	1	1	3-6
Mediano	1,5	2	6-12
Grande	2	3	12-24
Muy grande	3	4	>24

Por último, es importante que durante la ejecución de los alcorques se cuide en especial el derrame de hormigón hacia el interior. Es común que la cimentación

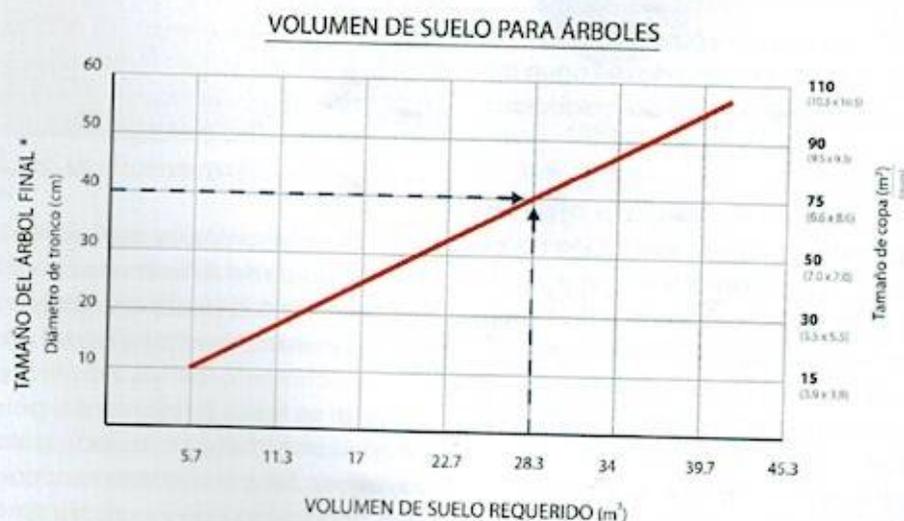


Figura 44. Cálculo del volumen de suelo necesario en relación con el desarrollo de la especie. Adaptado de Urban, 2008.



Figura 45. Estimación de las necesidades de suelo y el desarrollo del árbol.

de hormigón ocupe parcialmente la superficie del alcorque limitando todavía más el crecimiento del árbol. Tan solo deben tolerar 10 cm de derrame de hormigón que aseguren la sujeción del bordillo, el resto deberá eliminarse. Las aceras menores de 3 m de ancho no deberán incluir alcorques, dado que debido a las interferencias con la edificación no garantizan un adecuado crecimiento del árbol.

Así mismo, es recomendable que los pavimentos tengan una pendiente que permita la recogida del agua de lluvia que además de abastecer al árbol colaborará en la recuperación del nivel freático local.

Pero a pesar de todo lo dicho, el alcorque debe ser el último recurso, sabiendo que su sustitución no es sencilla. La propia concepción de esta estructura implica una limitación en el desarrollo del sistema radicular. En próximos capítulos veremos que existen mejores opciones como el empleo de parterres corridos o el uso de suelo estructural (véase capítulo 5). No todo deben ser alcorques.

La magnitud de lo invisible: el sustrato de plantación

Pero no cabe duda de que si nos planteamos mejorar la calidad de vida de los árboles urbanos, no solo deberemos hablar de ampliar su espacio vital (aéreo y subterráneo). Sino que también tendremos que conocer la calidad del suelo donde se asienta y qué deberemos hacer para mejorarlo. Y es que la tierra vegetal condicionará el desarrollo del árbol durante muchos años. En especial, en los momentos más sensible, como la fase de establecimiento, y su etapa juvenil. Una mala elección de la tierra vegetal condicionará enormemente su crecimiento.

Por todo ello, cualquier profesional que trabaja con los árboles deberá tener unas nociones mínimas de agronomía para poder comprender las limitaciones a las que está sometido y poder revertir la situación. El conocimiento de las propiedades de la tierra vegetal se hace fundamental para poder ofrecer al árbol un entorno adecuado para el desarrollo de sus raíces. Tenemos que pensar que tan solo existirá una oportunidad de incorporar un buen sustrato de plantación en la rizostera del árbol. Por lo tanto, de ese



Figura 46. Suelo ideal. Adaptado de Goodwin, 2017.

sustrato dependerá no solo el suministro de nutrientes, la disponibilidad de agua, el correcto intercambio de gases e, incluso, ciertas interacciones con determinados microorganismos generando relaciones de simbiosis esenciales para la planta.

A la hora de estudiar un suelo donde se deba establecer el arbolado se ha de tener en consideración su composición volumétrica, pues ésta condicionará

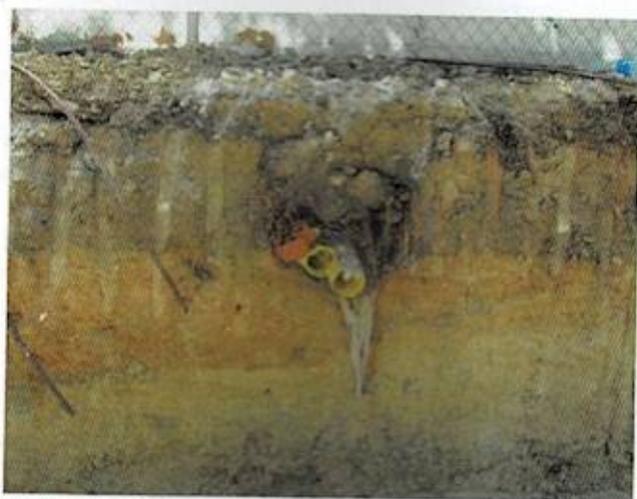


Figura 47. Un suelo con abundante arcilla creará problemas de falta de drenaje y de estructura.

el crecimiento óptimo de sus raíces. Así, la fracción sólida mineral deberá constituir entre el 45 y el 48 %, con una materia orgánica del 2 al 5 %. El 50 % restante deberá ser espacio libre que ocupará el aire y el agua (Goodwin, 2017).

A la hora de establecer la calidad de la tierra vegetal tendremos en cuenta sus propiedades físicas, materia orgánica y su composición química.

Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un suelo dependen fundamentalmente de su textura y su estructura. La importancia de estas propiedades es muy grande, ya que de ellas depende el comportamiento del aire y del agua en el suelo, y por lo tanto condicionan los fenómenos de aireación, de permeabilidad y de asfixia radicular que veremos en siguientes apartados. Por otra parte, las propiedades físicas son más difíciles de corregir que las propiedades químicas, de ahí su interés desde el punto de vista de la fertilidad de un suelo. Entre las pequeñas partículas minerales de los suelos se incluyen la arena, el limo y la arcilla.

Textura

La textura de un suelo se refiere al tamaño de las partículas que lo constituyen (Guerrero, 2000). Alude a la presencia de las partículas elementales de un suelo: arena, limo y arcilla. Estas partículas se clasifican en relación a su tamaño.

Por lo tanto, la arena es la partícula de mayor tamaño, identificándose por presentar un tacto grueso. El limo es la partícula de tamaño medio. Y, por último, la arcilla es la partícula más pequeña y de mayor elasticidad.

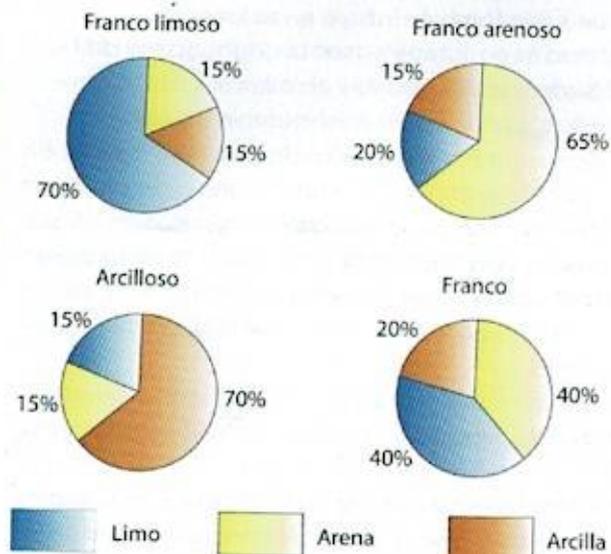
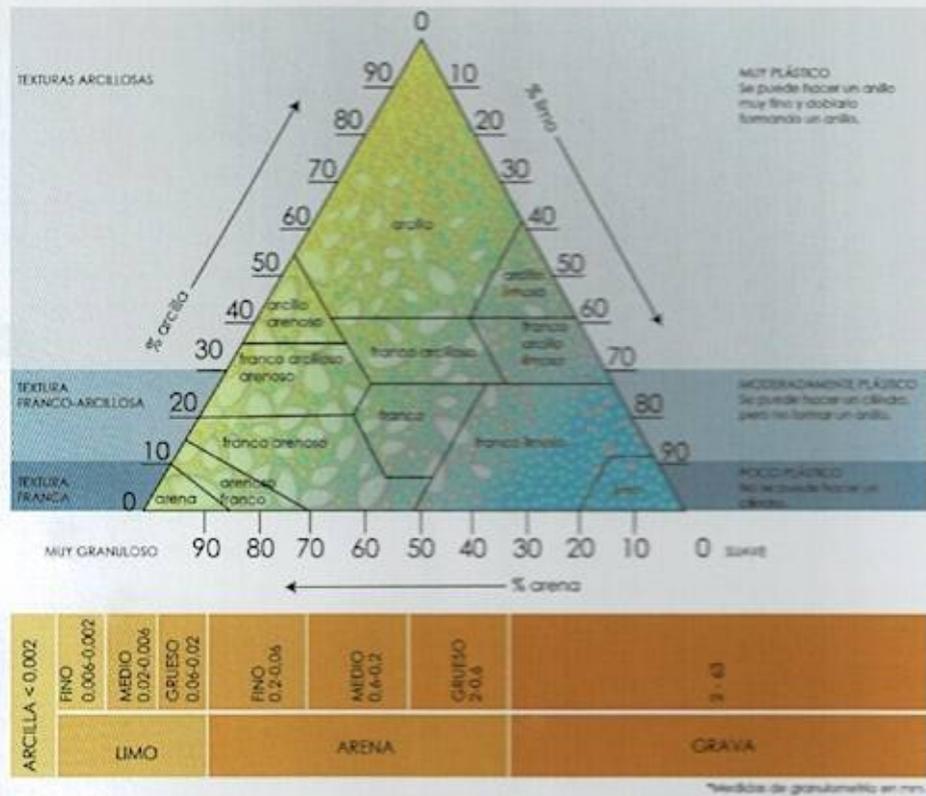


Figura 48. Comparación de suelos con diferentes texturas.

Es decir, la textura define la cantidad y el tamaño de los espacios que existen entre las partículas del suelo. En relación con estas variaciones de porcentajes

Figura 49. El triángulo de texturas determina la textura de un suelo en relación con el porcentaje de arena, limo y arcilla.



tendremos: suelos arenosos, francos o arcillosos. Es importante destacar que cada una de estas texturas presenta unas propiedades relacionadas con el intercambio gaseoso y la movilidad del agua. La textura de un suelo también influye en su laboreo.

Textura arenosa:

Son aquellas tierras que disponen de menos de un 10% de arcilla. Al presentar una gran cantidad de elementos gruesos facilita su aireación, lo que implica una rápida oxidación y, por lo tanto, suelen ser terrenos pobres y de baja fertilidad. Presentan un buen drenaje al no tener la posibilidad de retener agua.

Textura franca:

Presenta una mezcla más o menos equilibrada de arena, limo y arcilla. Las arcillas oscilan entre un 10-30 %. Lo que supondrá un equilibrio entre permeabilidad del agua, aireación y fertilidad.

Textura arcillosa:

Son aquellas con más de un 30% de arcilla. Poseen un alto porcentaje de arcillas. Son terrenos más complejos y "pesados". Suelen existir problemas de drenaje y de aireación. Se trata de suelos fríos. A diferencia de los suelos arenosos, retienen bien el agua y los nutrientes. Probablemente se trata de los terrenos más difíciles en cuanto a su manejo. En jardinería, no vale la pena aplicar enmiendas físicas. Se recomienda su sustitución.

Propiedad	Suelo arenoso	Suelo arcilloso	Suelo franco
Permeabilidad	alta	nula	media
Capacidad de retención de agua	poca	mucha	media
Aireación	buena	mala	buena
Nutrientes	pocos	muchos	medio-alto
Tamaño de las partículas	medias	muy finas	finas

Cualidades de los suelo en relación a su textura.

Será más sencillo modificar la estructura, con el aporte de materia orgánica, ya que la materia orgánica da consistencia a las tierras sueltas y soltura a las más arcillosas (Wild, 1992). Sin embargo, se deberá tener en consideración que la materia orgánica con el tiempo se degrada y, en el caso del arbolado urbano, será muy difícil su reposición. Por lo tanto, un suelo con una mala estructura, con el tiempo – si las condiciones son desfavorables – volverá a recuperar ese estado.

Calidad biológica

Es importante saber que la tierra vegetal está compuesta por múltiples organismos que colaboran en la descomposición de la materia orgánica, en su estructura o en la asimilación de nutrientes por parte de la planta. Factores ambientales como temperatura, pH o humedad, por citar algunos de las más importantes, limitan la actividad de la flora microbiana. Por lo tanto, se debe tratar al suelo como un elemento vivo, de no ser así tendremos un sustrato inerte y sin fertilidad.

Materia orgánica

La materia orgánica del suelo no puede ser reemplazada por otros componentes. Y, por lo tanto, se trata de un ingrediente fundamental para la tierra vegetal: mejora la estructura del suelo, es una eficaz retenedora de agua, mejora la temperatura del suelo, enriquece la flora microbiana del suelo, aporta elementos nutritivos y mejora el complejo arcillo-húmico⁵. La tierra vegetal deberá tener un óptimo de materia orgánica en relación con su textura. Internacionalmente se admite que los niveles de materia orgánica pueden clasificarse según su textura (véase tabla).

Valores	Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso
Muy bajo	0-1,75	0-1,5	0-2
Bajo	1,76-2,50	1,5-2	2-3
Normal	2,51-3,50	2-3	3-4
Alto	3,51-4,25	3-3,75	4-5
Muy alto	>4,25	>3,75	5

Niveles de materia orgánica según su textura (Guerrero 2000).

⁵ Regula la nutrición de la planta dado que la actividad química de un suelo depende de la importancia que tenga el complejo arcillo-húmico, es decir, de su contenido en arcilla y materia orgánica.

Tal y como se ha comentado anteriormente la materia orgánica también puede resultar muy útil como comodín para corregir tanto suelos arenosos como arcillosos. El motivo es que los suelos arenosos conviene que tengan un índice un poco más elevado de materia orgánica, con el fin de crear un buen complejo arcillo-húmico. Las tierras arcillosas se recomienda que tengan unos valores de materia orgánica elevados, pues ayudará a modificar la estructura compleja de este tipo de tierras (Guerrero, 2000).

Relación C/N

El carbono es el principal componente de la materia orgánica, y en cambio, el nitrógeno se encuentra en ella en una cantidad bastante inferior. Para determinar la actividad biológica de esta materia orgánica y su grado de evolución se estudia la relación que existe entre estos dos componentes. A mayor grado de descomposición, mayor liberación de nitrógeno. Así mismo, debemos tener en cuenta que el empleo de una materia orgánica fresca durante el proceso de descomposición tomará nitrógeno del suelo que no será liberado hasta que se encuentre en un grado avanzado de descomposición (Fuentes Yagüe, 1999). Por todo ello interesa que los niveles de materia orgánica se encuentren en unos niveles intermedios en su relación carbono/nitrógeno (véase tabla).

Carbono/Nitrógeno	Liberación N
C/N < 10	Excesiva
C/N 10-12	Normal
C/N 12-15	Escasa
C/N > 15	Muy escasa

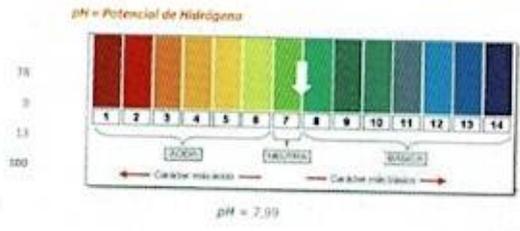
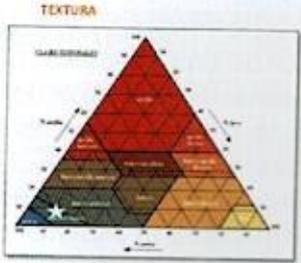
Escala de valores de relación C/N (Guerrero 2000).

Ya sea, tanto en la tierra vegetal empleada del sustrato de plantación o en el mantillo que se aporte como enmienda orgánica de deberá cuidar el grado de madurez de la materia orgánica (véase capítulo 6).

Composición química

El estudio de la composición química de la tierra vegetal es necesario para una mejor gestión de su fertilización y para una correcta selección de la especie.

Nombre de referencia: SUELO 1
 Localización: Parking 4 (norte)
 Laboratorio: AGQ
 Código laboratorio: S-17/04054
 Tipo de muestra: Tierra vegetal
 Fecha de recogida: 07/11/2017
 Fecha de entrega: 21/11/2017
 Herba Nova



PARAMETROS

Determinaciones	Valores	Unidades	Determinaciones	Valores	Unidades
CE ⁺ (25°C)	0,27	dS/m	Materia Orgánica Oxidable	1,16	%
Carbonatos Totales		%	Capacidad de Intercambio Catiónico	11,5	meq/100gr
Caliza activa		%	Relación Carbono / Nitrógeno	13,3	
Nitrógeno total	0,05	%	Fósforo asimilable	46,1	ppm



PARAMETROS

Determinaciones	Valores	Unidades	Determinaciones	Valores	Unidades
Sodio de cambio	0,68	meq / 100 gr	Calcio de cambio	8,90	meq / 100 gr
Potasio de cambio	0,58	meq / 100 gr	Magnesio de cambio	0,87	meq / 100 gr
Boro	0,5	ppm	Relación K/Mg	0,67	
PSI	4,00		Relación Ca/Mg	10,23	



Figura 51. Tabla de interpretación de análisis edafológicos.

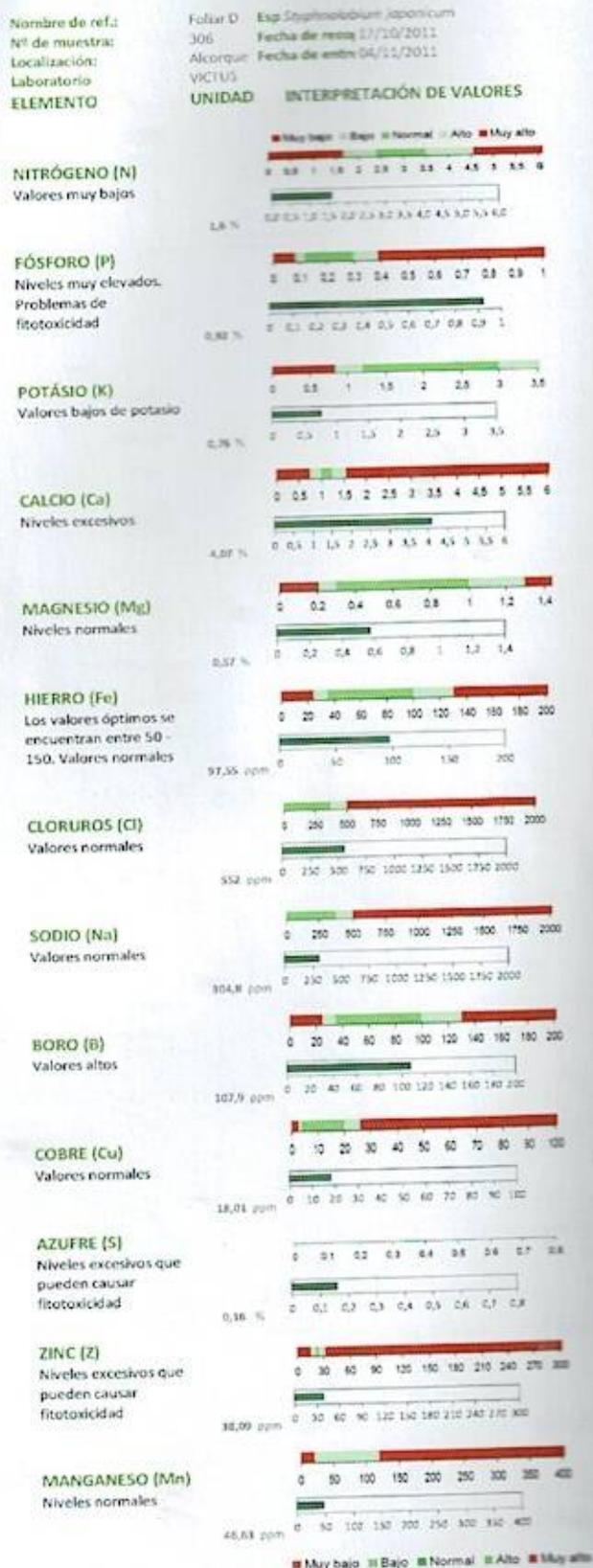


Figura 52. Tabla de interpretación de análisis foliares.

pH

El pH (potencial de hidrógeno), es el índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de un suelo. Sus valores oscilan entre 0 y 14, siendo de 0 a 7 suelos ácidos y de 7 a 14, suelos básicos. Un pH de 7,0 indica neutralidad. El significado práctico de los valores de pH es que afectan a la actividad microbiana, a la estructura del suelo y, especialmente, a la disponibilidad y la asimilación de nutrientes. (véase gráfico).

Existe la posibilidad de realizar enmiendas químicas que modifiquen el pH del suelo. Sin embargo, dado el elevado coste que ello supone y su carácter temporal, se recomienda el empleo de especies adaptadas a los valores locales.

Nutrientes

Los nutrientes vegetales son aquellos elementos químicos que en mayor (macronutrientes) o menor (micronutrientes) proporción son necesarios para el desarrollo de las plantas. Unos nutrientes que toman del suelo por las raíces y del aire por las hojas. Se sabe que la planta requiere de 16 elementos necesarios para su crecimiento. Carbono, oxígeno e hidrógeno, constituyen la mayor parte del peso seco de las plantas, estos elementos provienen del CO₂ atmosférico y del agua. Les siguen en importancia cuantitativa el nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y azufre (S) que son absorbidos del suelo.

A continuación, se recogen las principales funciones de estos elementos:

- Nitrógeno (N): Estimula el crecimiento rápido; favorece la síntesis de clorofila, de aminoácidos y proteínas.
- Fósforo (P): Estimula el crecimiento de la raíz; favorece la formación de la semilla; participa en la fotosíntesis y respiración.
- Potasio (K): Acentúa la vitalidad; aporta resistencia

En suelos ácidos se pueden emplear sustancias correctoras como cal (CaO) y dolomítica (CaMg(CO₃)). En suelos básicos se puede reducir el pH con turba, yeso (CaSO₄·2H₂O), ácido sulfúrico (H₂SO₄) o sulfato de hierro (FeSO₄).

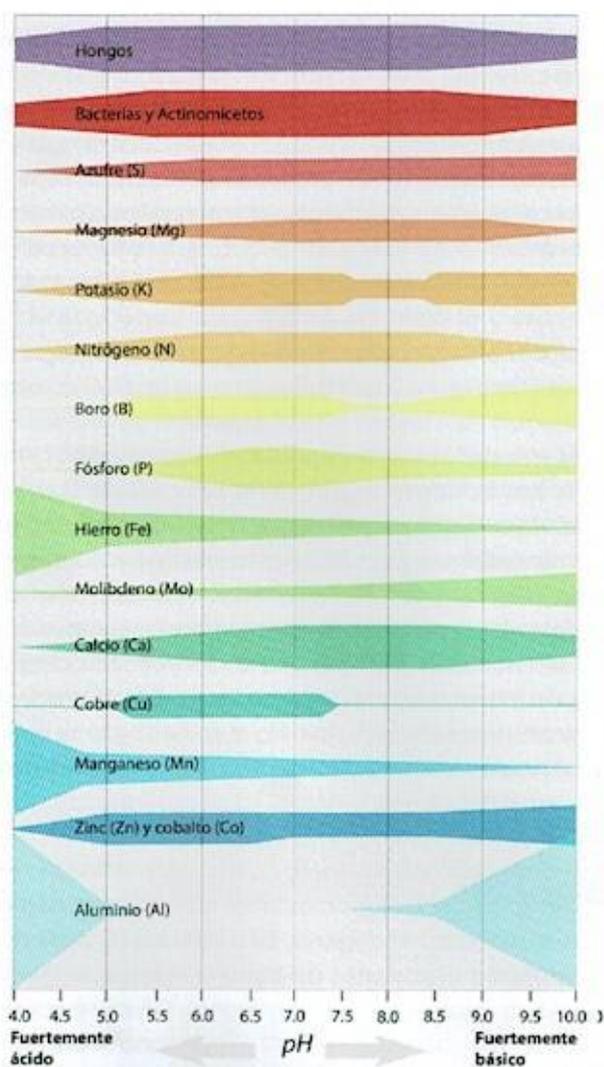


Figura 53. Disponibilidad de nutrientes en relación con los niveles de pH del suelo (Diagrama de Truog, adaptado)

a las enfermedades, fuerza al tallo y calidad a la semilla.

- **Calcio (Ca):** Constituyente de las paredes celulares; colabora en la división celular.
- **Magnesio (Mg):** Componente de la clorofila, de las enzimas y de las vitaminas; colabora en la incorporación de nutrientes.
- **Azufre (S):** Esencial para la formación de aminoácidos y vitaminas; aporta el color verde a las hojas.
- **Boro (B):** Importante en la floración, formación de frutos y división celular.
- **Cobre (Cu):** Componente de las enzimas; colabora en la síntesis de clorofila y en la respiración.
- **Cloro (Cl):** colabora con el crecimiento de las raíces y de los brotes.
- **Hierro (Fe):** Catalizador en la formación de clorofila; componente de las enzimas.
- **Manganeso (Mn):** Participa en la síntesis de clorofila.
- **Molibdeno (Mo):** Colabora con la fijación de nitrógeno y con la síntesis de proteínas.
- **Zinc (Zn):** Esencial para la formación de auxina y almidón

Óptima presencia en todos los valores, tiende a dominar sobre las bacterias con pH bajo.

Tendencia a dominar sobre los hongos con pH elevados.

Sufre ligera reducción en pH bajo.

Puede ser deficiente en suelos ácidos. No está disponible en valores muy altos.

Deficiencias probables con pH bajo.

La fijación bacteriana es limitada con pH inferior a 5.5.

Menos disponibilidad cuando el valor del pH es alto. Puede ser tóxico con pH muy elevado.

Con tendencia a no estar disponible con valores de pH bajos y altos.

Puede ser tóxico en suelos ácidos y deficiente cuando el pH sobrepasa los valores de 7.

Deficiencias probables con pH bajo.

Puede ser deficiente en suelos ácidos. No está disponible en valores muy altos.

Puede ser tóxico en suelos ácidos y deficiente cuando el pH sobrepasa los valores de 7.

Puede ser tóxico en suelos ácidos y deficiente cuando el pH sobrepasa los valores de 7.

Puede ser tóxico en suelos ácidos y deficiente cuando el pH sobrepasa los valores de 7.

No es un nutriente de las plantas. Es tóxico con pH bajo.

Para determinar estas sustancias en el sustrato de plantación se recomienda realizar análisis edafológicos en un laboratorio oficial. Aunque existen determinados rasgos foliares (coloraciones, necrosis, etc.) que ayudan a reconocer las situaciones carenciales de las plantas, éstos pueden ser difíciles de interpretar. La mejor forma de determinar las carencias de los árboles urbanos es realizar análisis foliares que identifiquen la presencia real de cada componente en la planta.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) mide la capacidad de un determinado sustrato para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta. Por tanto, midiendo la conductividad eléctrica de la tierra vegetal tendremos una buena orientación sobre su salinidad. Por ello, en el lenguaje agronómico coloquial muy a menudo cuando se refiere a la conductividad de un suelo está valorando sus niveles de salinidad. Un valor elevado indicará una alta concentración de sales (Saña et al., 1996).

CE _e 25°C (dS/m)	CLASIFICACIÓN
0-2	No salino
2-4	Salino en zonas áridas o si se riega con agua salina
4-8	Salino en cualquier caso
>8	Muy salino

Criterios USDA de clasificación de los suelos según su nivel de salinidad.⁷

Con el uso generalizado de aguas regeneradas y la elevada compactación de los suelos en las ciudades, la conductividad eléctrica es un valor cada vez de mayor importancia (véase en este mismo capítulo 6).

Respirar bajo tierra: hipoxia y la muerte de raíces

Ya hemos visto que la ausencia de una correcta oxigenación del sistema radicular puede ocasionar

⁷ La conductividad de los suelos en el Sistema Internacional de Unidades se expresa en dS/m (decisemens por metro), equivalente a las clásicas unidades de mmhos/cm o mS/cm.

⁸ Una solución salina varía fuertemente con la temperatura. De ahí la necesidad de expresarla a la temperatura de referencia de 25°C.

daños severos en el árbol llevándolo incluso a la muerte. La carencia de oxígeno en el suelo está relacionada sobre todo con una importante alteración de la estructura. Esta modificación suele estar relacionada con la compactación producida por la presión causada por el paso de vehículos, o por el continuo pisoteo de animales o personas. A medida que se incrementa la presión disminuye el espacio poroso, ocupado por el aire y el agua útil. Ésta, puede hacer que el suelo alcance densidades muy altas (que pueden llegar a ser superiores a los 2 gr/cm³, similares a las del hormigón).

Es uno de los mayores problemas de las zonas verdes de las ciudades y de más compleja solución. El principal obstáculo con el que se puede encontrar la raíz en su crecimiento es el impedimento mecánico. Su aparición en el entorno del árbol dificultará su desarrollo, las raíces detendrán su crecimiento o alterarán su trayectoria, hasta localizar una zona con una porosidad adecuada y de menor resistencia. De no ser posible se producirán problemas en sus raíces, dando lugar a graves alteraciones como atrofia radicular, estrangulamientos y espiralizaciones.

Y dado que estas elevadas compactaciones harán desaparecer los espacios entre las partículas, también se desplazará el oxígeno. Esta falta de O₂ dará como resultado situaciones de hipoxia (escaso oxígeno) o anoxia (ausencia total de oxígeno). Como se comentó en apartados anteriores el O₂ condiciona la distribución del sistema radicular. La raíz sólo se podrá desarrollar en aquellos lugares donde el oxígeno es superior al 10%. Por debajo de estos valores la actividad de las raíces se reduce rápidamente. Hasta hacerse inviable a partir de porcentajes inferiores a 3% (Passola 2006).

Los sustratos con un alto contenido en arcilla y bajo en arenas poseen una mayor tendencia a compactarse si existe un excesivo tránsito sobre ellos. Es importante saber que se agravará cuando las rodadas o el pisoteo se realicen con el terreno húmedo (se compacta más y a más profundidad) y cuando el suelo tiene poca materia orgánica. Así mismo serán peores sus efectos en terrenos arcillosos que en los arenosos.

En ocasiones, esta falta de oxigenación se intenta subsanar durante la plantación de los árboles en alcorque con la instalación de tubos de aireación.

Estos tubos se instalan rodeando el cepellón del árbol. Tubos perforados (en realidad se trata de tubos de drenaje), de 50 mm de diámetro y envueltos en geotextil de 120 gr/m², de tal forma que la tierra vegetal evite su obturación. Se instalan alrededor del cepellón intentando crear una corriente de aire que favorezca su ventilación. Para ello los dos extremos del tubo deben salir a la superficie a modo de chimeneas.

Esta compactación no solo afecta al arbolado de nueva implantación sino que también puede perjudicar a los árboles ya establecidos. Un hecho muy habitual cuando se realizan obras cercanas a árboles ya establecidos. En ocasiones, se observan tableros de protección para evitar daños en los troncos de los árboles, pero nadie parece preocuparse del sistema radicular. Además de proteger el tronco, tendría que establecerse un perímetro de al menos la proyección de la copa del árbol (véase capítulo 6).

En esa área de protección no debería circular la maquinaria pesada, con el fin de proteger las raíces

de posibles daños. Dada la lenta respuesta del árbol, los síntomas no se observarán hasta pasados unos meses o años, cuando ya nadie relacione las obras con la regresión del árbol.

Un entorno compactado alrededor del alcorque impide que las ciudades dispongan de un sano dosel arbóreo. Esta limitación afectará al desarrollo del sistema radicular y, como consecuencia, negativamente a la calidad y sanidad de los árboles urbanos.

Muerte por ahogamiento: ausencia de drenajes

Además de la ausencia de oxígeno, otra severa consecuencia de la compactación tratada en el apartado anterior es la reducción de la capacidad drenante del terreno. El agua puede llegar a ser un elemento muy dañino para el árbol si existen problemas de drenaje en los hoyos de plantación. Prevenirlo es vital para el árbol.

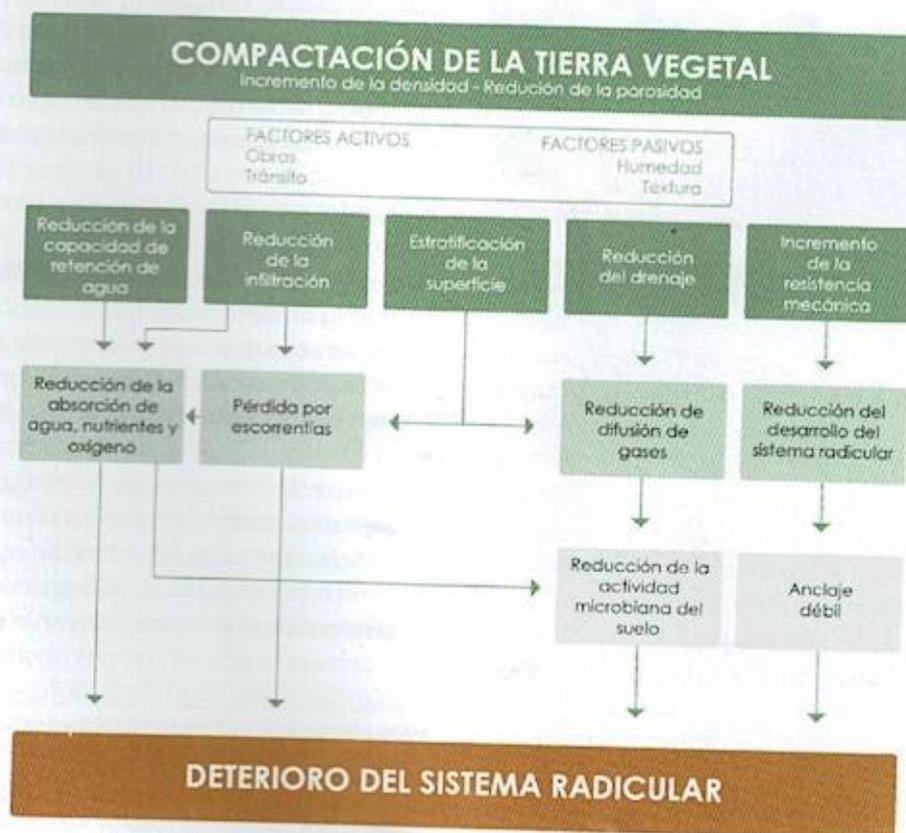


Figura 54. Consecuencias de la compactación de la tierra vegetal en el árbol.



Figura 55. Una excesiva compactación origina serios problemas para el árbol urbano.



Figura 56. Instalación de tubo de aireación.

Para ello es necesario valorar el nivel de permeabilidad del terreno donde vamos a plantar nuestros árboles. Esta permeabilidad se mide por la altura de agua infiltrada en un determinado periodo de tiempo, es lo que se conoce como velocidad de infiltración. Se mide en mm de altura de agua por hora. Aunque los límites establecidos varían mucho dependiendo de la bibliografía consultada, se podría decir que la velocidad óptima de infiltración debería situarse entre los 20 y 60 mm/hora. Si bien autores como Duncan Goodwin aportan valores muy diferentes (Goodwin, 2017).

- <100 mm/h: el drenaje es deficiente
- entre 100-200 mm/h: el drenaje es moderado
- >200 mm/h: el drenaje es excesivo

La falta de permeabilidad favorece la asfixia de las raíces, por falta de oxígeno⁹. Se debe tener en cuenta que una excesiva permeabilidad originará fuertes pérdidas de agua que tampoco son convenientes (Yagüe, 2002) (Deloye, 1967).

Pueden ocurrir dos tipos de situaciones que reduzcan la infiltración del terreno en función de dónde se produzca la compactación.

Superficial:

Si esta presión se produce en las capas superficiales de la tierra vegetal, se producirá un incremento de la escorrentía. Una menor tasa de infiltración hará que el agua aportada no atraviese las capas inferiores del suelo, por lo que cuando el suelo se encuentra compactado la reserva de agua es menor y el árbol recibe un aporte mucho menor o nulo, incluso cuando es regado.

Este tipo de compactación se podrá solucionar con cavas poco profundas que no dañen las raíces superficiales, con enmiendas físicas y orgánicas y con la colonización de plantas herbáceas o arbustivas que mecánicamente mejoren la estructura del terreno. Muy común en los alcorques del arbolado viario.

Profunda:

Si, por el contrario, el subsuelo se encuentra con unos altos niveles de compactación –muy común en cualquier obra que implique pavimentación–, la capa compactada se sitúa a una cierta profundidad. Por tanto, se producirán problemas de encharcamiento en la base de los hoyos de plantación al reducirse de forma considerable la velocidad de infiltración. Este tipo de situaciones son muy comunes en las grandes superficies de los aparcamientos.

Su corrección se hace prácticamente imposible cuando

⁹ El anegamiento de un suelo causa la aparición de condiciones anaerobias, o parcialmente anaerobias, porque los microorganismos del suelo, al descomponer la materia orgánica, consumirán el oxígeno libre disuelto en el agua del suelo mucho más rápidamente de lo que el oxígeno atmosférico puede difundir dentro del suelo mojado. Esta carencia de oxígeno causará que algunas especies de bacterias realicen reducciones químicas que pueden afectar al crecimiento vegetal (Wild, 1992).

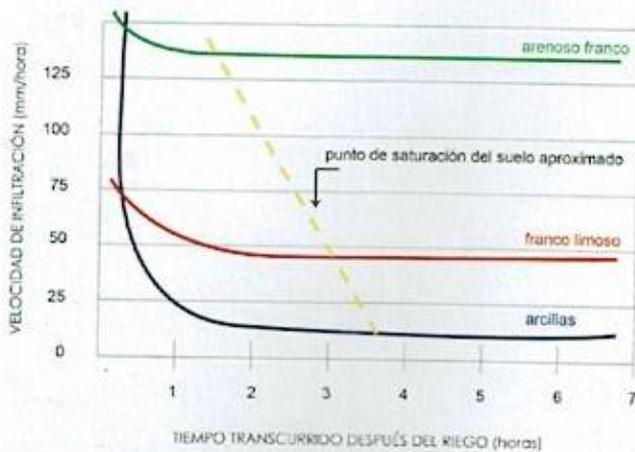


Figura 57. Velocidad de infiltración en suelos de diferentes texturas. Adaptado de Urban, 2008.

ya está terminada la obra. La única forma de evitarlo es tomar ciertas medidas preventivas como son:

- Crear siempre que sea posible una red de drenajes conectados a saneamiento que permitan la correcta y rápida evacuación del agua.
- 24 horas antes de la plantación realizar pruebas de infiltración que indiquen una adecuada permeabilidad del terreno.
- De salir fallida la prueba de infiltración, y ser imposible la instalación de una red de drenajes, se deberán establecer drenes individuales y verticales de entre 1 y 2 m de profundidad. Si a pesar de todo, tras nuevas pruebas de infiltración, el hoyo de plantación no drena adecuadamente se deberá descartar la plantación de árboles o reemplazar la especie por otras que admitan estas situaciones (*Taxodium sp.*, *Alnus sp.*, *Salix sp.*, *Fraxinus sp.*, etc.)

En ocasiones, los problemas de exceso de agua en el terreno de plantación pueden estar relacionados con el sistema de riego empleado, o, más concretamente, por una inadecuada gestión. El uso durante los primeros años de plantación de sistemas de riego por goteo con riegos a diario, puede llegar a ser contraproducente para el árbol. Se recomiendan riegos copiosos dejando pasar periodos suficientes de tiempo como para que el sustrato de plantación se pueda secar y oxigenar adecuadamente. Un sistema de riego por goteo, empleado diariamente, puede derivar en la muerte del árbol.

Aunque solo parcialmente relacionado con la hidratación de la planta, se puede producir en la corteza de algunos árboles jóvenes, sobre todo aquellos originarios del clima Atlántico, fendas o fisuras en la orientación sur-suroeste. Estos problemas de asurado o "golpe de sol" están relacionados con la fuerte insolación y el exceso de calor, en especial en ejemplares recién plantados. Se recomienda, en aquellas especies más sensibles (*Prunus sp.*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia sp.*, etc.), evitar las exposiciones muy soleadas o, en todo caso, proteger durante los primeros años sus troncos. Los primeros síntomas de estrés son el cambio de coloración de la corteza a un color violáceo. Es una necrosis cortical que posteriormente dará lugar a un resquebrajamiento. Estos daños no solo son causados por la falta de hidratación. Otros síntomas de estrés, tales como el enterrado del cuello, el exceso de abonos nitrogenados a finales de verano o un frío intenso son situaciones en las que también pueden surgir estos síntomas. Estas lesiones suelen cicatrizar tras varios años. Hongos patógenos oportunistas como *Schizophyllum commune*, pueden aprovechar estas lesiones para penetrar en el árbol estresado, originando pudriciones localizadas. En árboles jóvenes ocasiona una pérdida de resistencia mecánica que puede provocar un severo debilitamiento estructural desencadenando en el colapso del árbol (Gillig et al., 2008) (Sánchez-Blanco/Septién, 2016).



Figura 58. Daños en la corteza por asurado que favorece la aparición de *Schizophyllum commune*, hongo oportunista. Tilo de hoja pequeña (*Tilia cordata* 'Green Spire')