

**PLAN MAESTRO PARA EL
ARBOLADO PÚBLICO LINEAL
DE LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES
TOMO II**

PROLOGO.

Desde la publicación del primer tomo del Plan Maestro para el Arbolado Público Lineal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, allá por el año 2013 varios aspectos considerados de importancia fueron ocurriendo y cambiando en lo que respecta a su gestión y a la visión con la que la misma se encaró.

En principio, el primer tomo se enfocó en un perfil diagnóstico de la situación del arbolado público lineal basado en los datos obtenidos del segundo censo informatizado y primero georreferenciado, que se efectuara durante los años 2010 y 2011.

La información recopilada en el mismo posibilitó tener un panorama de la situación en la que se encontraba el arbolado viario por aquellos tiempos y fue la base sobre la que se elaboró la información dura, producto de los registros levantados oportunamente.

A partir de la misma, y habiéndose detectado la importancia que los guarismos referidos a la seguridad pública, reflejados en la determinación del estado crítico del arbolado, se dispusieron medidas inmediatas para intervenir en el grupo considerado como de alta criticidad, lográndose de ese modo disminuir notablemente la cantidad de ejemplares en tal situación, atendiendo al a primera de las pautas que debe poseer el arbolado viario que se referencia en la Seguridad.

Esta tarea, fue realizada en forma centralizada por la extinta Dirección General de Arbolado y fue la última desarrollada bajo esta modalidad ya que a partir de 2013, y en cumplimiento de la Ley N° 1777 “Ley Orgánica de Comunas” y del decreto N°166 de descentralización de competencias de arbolado urbano, la mayoría de las intervenciones en el arbolado público queda bajo la competencia de cada una de las Comunas.

A sabiendas de la inminencia del proceso relatado en el párrafo previo, en este primer tomo del Plan Maestro, se incorporaron los lineamientos técnicos que servirían en primera instancia como elemento unificador del modo de intervención en la gestión para el mantenimiento del arbolado público, tales como el Protocolo de evaluación y reducción de riesgos, la Guía de especificaciones operativas para la poda del Arbolado Público Lineal, el Manual de procedimiento para la plantación de árboles , para su trasplante y para la intervención en raíces.

Luego del período de adaptación experimentado por el profundo cambio en la gestión del arbolado que implicó el proceso de descentralización y de resultados de la necesidad de incorporar el perfil técnico necesario para el tratamiento del valioso patrimonio verde de la CABA surge el Convenio vigente con la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires que aporta el capital humano para definir, evaluar y controlar las tareas que sobre el arbolado se ejecutan por lo que la segunda de las pautas, la vinculada a la sanidad del arbolado queda en manos expertas.

Queda la última de las pautas de las denominadas 3 S (Seguridad, Sanidad y Sustentabilidad) y en este caso toman relevancia dos factores concurrentes. El primero de ellos consistió en la determinación política de unificar el programa de mantenimiento del arbolado público a través de

un plan quinquenal que garantizase la atención anual de una quinta parte del patrimonio arbóreo. Esto posibilitó ordenar de una manera eficiente todas las intervenciones que se realizan en el universo del arbolado, sistematizar todo el seguimiento del mismo, estableciendo una jerarquización de las necesidades de operación permitiendo de ese modo optimizar el uso de los recursos.

El segundo de los aspectos vinculados con la sustentabilidad del arbolado se plasma en la elaboración del segundo tomo del Plan Maestro el cual tiene como elemento central y fundamental el Listado Maestro de Especies por Avenidas y Calles que consiste en la determinación de las especies a incorporar en los más de 3000 corredores viarios a los efectos de ordenar la incorporación de nuevos ejemplares para lograr la anhelada homogeneidad en los mismos, sin descuidar la heterogeneidad del Bosque Urbano sosteniendo de ese modo su biodiversidad.

En esta segunda parte del plan se vuelve a presentar un diagnóstico actualizado del arbolado, elaborado con los datos proporcionados por el Tercer Censo, realizado durante los años 2017/2018 y se redefinen los objetivos y las metas para el arbolado lineal.

Se incorporan también los conceptos básicos que hacen a la sustentabilidad a través de los indicadores más importantes vinculados a esa condición, tales como Biodiversidad, Cobertura, Composición etaria y Adaptabilidad al medio y se describen las características más elementales de las especies seleccionadas para el arbolado de veredas.

También se definen los programas considerados más importantes para realizar en los próximos años, una vez que se haya podido completarse con árboles la totalidad de los sitios de plantación disponibles o por construirse a través del Programa de reforestación, para comenzar luego con los Programas de recambio de especies, y de adecuación de planteras, mal ubicadas, dañadas, reducidas, excéntricas y elevadas.

Finalmente, se agregan también actualizaciones complementarias de los manuales de procedimiento para la plantación de árboles, la intervención de raíces y protección durante la ejecución de obras civiles y se incorporan nuevos contenidos a modo informativo como ser los sistemas constructivos de planteras con incorporación de suelos de ingeniería, las pautas para selección de ejemplares y estrategias para efectuar el recambio de especies.

INDICE.

1. INTRODUCCIÓN

Objetivos del Plan Maestro del Arbolado Lineal.

Diagnóstico General de la situación actual.

Metas del plan maestro del arbolado lineal.

2. LA SUSTENTABILIDAD DEL ARBOLADO PÚBLICO LINEAL O VIARIO DE LA CABA. Biodiversidad.

Cobertura.

Composición etaria.

Adaptabilidad al medio.

3. EL ÁRBOL CORRECTO EN EL SITIO CORRECTO

Listado Maestro de Calles y Avenidas

Definición de especies por Calles y por Comunas

4. LOS ÁRBOLES ELEGIDOS DE LA CABA

Características de las especies a emplear en el APL.

5. PLAN DE ACCIÓN PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS

Programa de reforestación.

Programa de recambio de especies por comuna.

Programa de adecuación de planteras.

Planteras mal ubicadas.

Planteras dañadas, reducidas, excéntricas.

Planteras elevadas.

6. LINEAMIENTOS TÉCNICOS (MANUALES)

Actualización manual de procedimiento para la plantación de árboles. Actualización manual de intervención en raíces

Protocolo Protección arboles durante obras

Guía para apertura y construcción de planteras.

Protocolo para la selección de ejemplares.

Estrategias para efectuar el recambio de especies

ANEXO I LISTADO MAESTRO DE ESPECIES

ANEXO II LAS VEINTE ESPECIES BASICAS

ANEXO III MANUAL PARA EL CÁLCULO COMPENSATORIO AMBIENTAL. ANEXO IV TABLA DIMENSION RECOMENDADA PARA ESPECIES ARBOLADO VIARIO. ANEXO V PLANTACION EN ESPACIOS VERDES

ANEXO VI PROTOCOLO DE EVALUACIÓN INTEGRAL DE RIESGO (AMPLIADO)

ANEXO VII BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCIÓN

Objetivos del Plan Maestro del Arbolado Lineal.

La necesidad de un Plan Maestro del Arbolado Lineal se basa en contar con un corpus básico que posibilite gestionar al mismo de un modo **seguro**, desde el punto de vista de la actividad urbana, **sano**, procurando las mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de los ejemplares que el ámbito urbano les pueda proporcionar y **sostenible** para garantizar la continuidad del bosque urbano bajo similares condiciones de prestación de servicios ecosistémicos.

Para alcanzar los objetivos del mismo deberá:

1. Alcanzar la cobertura plena con arbolado viario de toda la ciudad, constituyéndose este en el elemento fundamental e integrador de su infraestructura verde, logrando ocupar todos los sitios disponibles, existentes o a crearse, aptos para tal fin, generando las interconexiones intra y extraurbanas que las

características propias de la ciudad y su entorno posibiliten.

2. Optimizar los servicios ecosistémicos del arbolado y que los mismos se encuentren distribuidos en forma equitativa en todo el ámbito urbano.

3. Lograr un arbolado seguro, sano y sustentable a través de una gestión que garantice su buen estado, la biodiversidad, la composición etaria, el empleo exclusivo de las especies seleccionadas y la premisa de mantener la homogeneidad específica en corredores viarios.

4. Alcanzar los estándares apropiados en todos los indicadores que se empleen para su monitoreo, de modo tal de lograr un bosque urbano resiliente, que sea un factor clave en la mitigación de los efectos originados por el cambio climático.

5. Lograr incluir en la cultura ciudadana los valores que representa poseer un arbolado urbano de calidad, para lograr a través de ello el respeto y cuidado que los árboles merecen.

Diagnóstico General de la situación actual.

Corresponde efectuar un breve diagnóstico actualizado de las principales características que posee en la actualidad el arbolado viario que son las que en definitiva establecen las metas que se deben alcanzar.

El Arbolado Viario (AV) de la Ciudad de Buenos Aires presenta las siguientes características:

1) Cobertura/Factor de ocupación: según los datos obtenidos en los últimos dos censos, el factor de ocupación (relación entre los espacios posibles para plantación de

árboles lineales y los efectivos) se ubica alrededor del 80 %.

Esto significa que existe aún un porcentaje importante de la Ciudad sin plantar lo que implica una pérdida de cobertura, siendo este factor el más importante al considerar cuando se evalúan los beneficios ecosistémicos del bosque urbano.

2) Especie dominante en un porcentaje excesivo: la masiva presencia del denominado fresno americano o verde (*Fraxinus pennsylvanica*) que junto con su congénere totalizan un

porcentaje superior al 40% ponen en riesgo biológico al bosque urbano ante la imprevista aparición de una plaga o peste que pueda afectarlos.

Esta excesiva presencia de una sola especie por sobre las otras tuvo que ver con el modo en que se fueron reemplazando o sustituyendo los ejemplares que se iban retirando de la vía pública.

En este aspecto, quizás por sus estupendas características y adaptabilidad al medio urbano o tal vez por la sencillez y economía de su producción, esta especie, el fresno americano (*Fraxinus pennsylvanica*), que había sido muy poco empleada en los comienzos de la forestación de las calles de la ciudad, comienza a ser utilizada en forma masiva e indiscriminada, sin ningún control ni planificación, constituyéndose en la actualidad en la especie dominante por excelencia, con valores de frecuencia altísimos para lo que debiera ser un arbolado sustentable desde el criterio de la biodiversidad.

El Plan Maestro debe apuntar a ir disminuyendo gradualmente su presencia a instancias de otras especies que puedan ser reemplazo de la misma.

- 3) Alta heterogeneidad interespecífica en cuadras y calles : producto de lo indicado en el párrafo precedente y de una participación de los vecinos no planificada se han obtenido corredores de alta heterogeneidad que no solo complican la gestión de mantenimiento sino que también se pierde uno de los valores estéticos que se busca con el AV que es precisamente lograr una homogeneidad o uniformidad en el

paisaje urbano que contrarreste la diversidad de la infraestructura gris, sobre la cual poco se tienen más restricciones por ser una parte de ella de dominio privado.

Es frecuente encontrar en una cuadra una gran variedad de especies o dicho de otro modo, son muy pocos los corredores viales monoespecíficos como los que se pretende lograr.

Esta problemática puede ser tal vez la más complicado o la de mayor extensión temporal para su logro ya que dependerá del reemplazo de especies y estas solo serían reemplazadas al final de su vida útil o cuando estén generando riesgos o inconvenientes extremos.

- 4) Multiplicidad de ejemplares no aptos para el AV: la amplísima variedad de especies presentes en el AV, no solo árboles sin aptitud para su empleo en la vía pública, sino también por una gran variedad de arbustos, herbáceas, palmeras, etc. Esta proliferación de ejemplares no aptos ocupan las posiciones que deberían estar siendo ocupadas por los arboles definidos por el Plan Maestro.
- 5) Planteras fuera de norma: la gran proporción de planteras modificadas en altura introduce un factor adicional en el ya complejo universo del AV. Estos aditamentos a las planteras convencionales dificultan el establecimiento de los nuevos ejemplares y pueden dañar a los ejemplares maduros debido a la presencia de un medio húmedo por encima del cuello de raíz, además de ocultar los posibles defectos del mismo.

Metas del plan maestro del arbolado lineal.

1. Alcanzar la cobertura máxima posible en cada sitio de la ciudad.

2. Emplear básicamente las especies de probada aptitud para garantizar una eficaz implantación y prolongada sobrevivencia, y al mismo tiempo efectuar ensayos con nuevas especies que puedan adaptarse a las condiciones ambientales de la ciudad, priorizando las de pertenencia a la Biota Rioplatense, de modo tal de lograr la incorporación de aquellas que resulten aptas

en los futuros y subsiguientes Planes Maestros que la Ciudad deba elaborar.

3. Lograr un patrimonio arbóreo biodiverso y equilibrado, en el que puedan corregirse las distorsiones provocadas por el empleo excesivo de una sola especie dominante.

4. Posibilitar que todos los vecinos puedan acceder a la información sobre las características y servicios de todos y cada uno de los árboles de la ciudad mediante el empleo de herramientas informáticas desarrolladas para tal fin.

El Plan Maestro del arbolado de una ciudad se enfoca a su patrimonio arbolado, no tanto desde una visión individual, sino como el conjunto de árboles o más apropiadamente de su dosel, teniendo en cuenta los servicios ecológicos, ambientales, sociales y paisajísticos que aportan a la ciudad como conjunto de organismos vivos.

El arbolado es parte esencial de la infraestructura verde urbana. Estructura el espacio público y presta servicios fundamentales para la calidad ambiental urbana y para la salud y el bienestar de las personas.

Constituye una red que interconecta todos los espacios verdes y hábitats de la ciudad y proporciona múltiples funciones y beneficios socioambientales y económicos, lo que lo hace tan necesario como cualquier otro servicio.

Una infraestructura verde correctamente planificada, desarrollada, gestionada y mantenida se convierte en un sistema de soporte de la vida que crea una fuerte unión entre los árboles y las personas.

Por este motivo, debe estar sujeto a unos determinados criterios de intervención funcionales, operativos y estéticos, que ayuden a su buen encaje en el espacio público y a su convivencia equilibrada con el resto de infraestructuras. La colaboración entre los responsables de la planificación y gestión de la vía pública, los propietarios privados y los expertos en arbolado se vuelve, pues, fundamental para conseguir que los árboles se implanten en los lugares de la ciudad y de las calles donde puedan desarrollarse de la forma más saludable posible y, al mismo tiempo, maximizar las funciones que ofrecen.

*El concepto de **infraestructura verde** no se limita, sin embargo, a la observación de estos servicios estrictamente urbanos, sino que prevé también los que tienen que ver con la calidad ecológica del territorio, más allá del espacio construido.*

Un arbolado concebido como red funcional ayuda a conectar los espacios verdes de la ciudad con los ecosistemas forestales y fluviales que rodean la ciudad, creando un paisaje verde más integrado y uniforme, contribuyendo a aumentar la biodiversidad gracias a su función de corredor y de conexión de espacios libres.

Plan director del arbolado de Barcelona 2017-2037

7

2. LA SUSTENTABILIDAD DEL ARBOLADO PÚBLICO LINEAL O VIARIO DE LA CABA.

Si bien la introducción de árboles en los asentamientos humanos no es una actividad reciente, ya que su origen se remonta a las antiguas civilizaciones de China, Asia occidental y Grecia, la misma estuvo enfocada principalmente a la incorporación de árboles en parques, jardines y otros espacios verdes, generalmente no públicos.

Atendiendo a la influencia que la cultura

europea ha tenido en el desarrollo de nuestra conformación como Nación e incluso en su búsqueda de identidad, resulta interesante el conocer el contexto histórico en el que se desarrolló la Silvicultura Urbana en Europa.

Con la domesticación del fuego como un primer incentivo importante, el desarrollo de la agricultura condujo a cambios significativos en la sociedad, resultando en la estratificación social resultando en sociedades feudales donde el poder estaba en manos de unos

pocos (monarcas, clero). Como la agricultura implicaba establecerse, se produce un crecimiento de la población que da origen a los asentamientos para buscar defensa, mercado, política y religión, lo cual condujeron al desarrollo de las ciudades.

La tercera transformación tecnológica, después de la domesticación del fuego y el surgimiento de la agricultura fue la revolución industrial, desencadenada por el descubrimiento y empleo de los combustibles fósiles lo que condujo a una nueva expansión de las ciudades como centros de industrialización.

La expansión de estas ciudades rara vez estaba regulada por los gobiernos locales o nacionales, que comenzaron a aumentar su poder pero aún no había obtenido un fuerte posicionamiento y organización. En principio, las ciudades industriales a menudo estaban superpobladas, conformando un ambiente insalubre, y la distancia promedio entre el habitante de la ciudad y la naturaleza se habían vuelto más grandes.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, la injerencia de los gobiernos aumentó. La Planificación Urbana se realizó de forma más estructurada y de manera organizada, y los gobiernos comenzaron a proporcionar un número creciente de instalaciones y servicios y es aquí donde comienzan a aparecer los primeros espacios verdes públicos creados

El establecimiento de los nuevos bosques urbanos, que implicaban tiempo y dinero, tuvieron como objetivo central la producción de madera, mientras que la recreación y los usos ambientales se hicieron recién presentes durante el siglo XX.

No obstante lo expuesto, la incorporación efectiva y definitiva del arbolado viario a las

para tal fin.

En lo concerniente al aspecto forestal, los bosques urbanos pueden considerarse también como uno de los primeros tipos de verde urbano, ya que muchas ciudades europeas tenían bosques cerca de sus bordes durante las etapas iniciales de su desarrollo.

La naturaleza siempre estaba cerca, y los bosques fueron utilizados para una variedad de propósitos.

Poco a poco, muchos de estos bosques, a menudo con un origen primitivo, se incorporaron a las ciudades en expansión transformándose para el uso recreativo dando origen a varios parques urbanos.

Inicialmente, la propiedad de estos bosques urbanos de Europa estaba en gran parte en manos de gobernantes y clérigos feudales. Más tarde, con el advenimiento de una clase burguesa desarrollada se pudieron establecer los primeros bosques estatales.

Desde la segunda mitad del siglo XIX, gobiernos locales y nacionales en muchos casos tomaron la iniciativa para la formulación de políticas forestales urbanas, convirtiéndose en un proceso complejo, que involucró una amplia variedad de grupos, con un papel dominante de los gobiernos locales y el público.

áreas urbanas en forma sistemática, metódica e ininterrumpida es una práctica bastante reciente en la historia de la humanidad, donde la plantación y el ordenamiento de árboles y bosques se basaron, en sus principios, en valores estéticos y espirituales, mucho más que en beneficios de tipo utilitario.



Avda. Rosales, Año 1900. Al fondo Casa Rosada

A diferencia de disciplinas tales como la jardinería, que acumula milenios de antigüedad o el más reciente paisajismo, el arbolado urbano viario solo puede atesorar una experiencia de algo más de dos siglos, lo que vinculado a la vida estimada de sus componentes, es decir los árboles urbanos, estaríamos, en el mejor de los casos disfrutando de la segunda o tercera generación de estos invaluable conformadores de la imagen urbana y mejoradores ambientales por excelencia.

Es la silvicultura urbana, como rama especializada de la silvicultura, la disciplina que tiene por finalidad el cultivo y la gestión del arbolado urbano con el propósito de aprovechar su contribución actual y potencial al ambiente y por consiguiente al bienestar de la población urbana, tanto desde el punto de vista físico, como el psíquico, el social y el económico.

En su sentido más amplio, la silvicultura urbana se ocupa de la atención del arbolado urbano en lo que respecta a su planificación, mantenimiento y gestión, incluyendo diversas actividades, usos y funciones tales como la contribución al manejo de las cuencas hidrográficas urbanas, el hábitat de la avifauna silvestre, el diseño del paisaje, la valorización y jerarquización de áreas urbanas y la recuperación de los residuos generados por la actividad, para mencionar algunos de los más trascendentes (Kuchelmeister y Braatz, 1992).

“La importancia del arbolado urbano ya no constituye una novedad. Lo nuevo radica en que cada vez con mayor frecuencia e importancia, se comienza a considerar y a valorar la amplia gama de beneficios que pueden obtenerse de los árboles y los espacios verdes, y a intentar además una cuantificación de tales ventajas. En

conferencias internacionales se ha presentado un número cada vez mayor de artículos en los que se intenta modificar la imagen de la silvicultura urbana, que aparece no ya como una actividad destinada a minorías privilegiadas o al mero esparcimiento, sino como un sector capaz de proporcionar diversos bienes y servicios a una parte más vasta de la población urbana. La actividad

forestal en el medio urbano se considera a la vez como un instrumento capaz de catalizar la participación comunitaria y como una actividad que depende de dicha participación. Por otra parte, representa una oportunidad para aplicar en las ciudades los principios de la ecología forestal: no se trata tanto de plantar árboles aislados, sino más bien de proceder a la ordenación del arbolado urbano

considerado como entidad ecológica” (Kuchelmeister, 1991).

El arbolado urbano es mucho más que saber qué tipo de copa o raíz tendrá la especie elegida, o si es de hoja perenne o caduca, sino que implica un conocimiento de su biología, de su comportamiento con el medio que lo rodea y sobre todo de todos aquellos factores que de alguna manera interactúan con él. Por todos es conocido que los árboles nos dan sombra, nos protegen de la lluvia y el viento, añaden belleza a nuestro entorno, naturalizan las duras líneas urbanísticas, aportan a nuestros hogares biodiversidad y mucho más. Por ello, que la mayoría de nosotros no podamos imaginar a la ciudad sin árboles, han empezado a ser parte de la infraestructura al igual que lo son las calles, las farolas, las escuelas, etc. (Priego González de Canales, 2002).

Existe una cantidad muy grande de especies de árboles en el reino vegetal, pero son muy pocas las que pueden adaptarse a vivir en las áreas urbanas bajo las condiciones que las mismas les imponen, y ese reducido grupo, que puede tener elementos comunes pero que es propio para cada ciudad o región, puede y debe ser empleado bajo los criterios que promuevan su sostenibilidad.

Al respecto, el término sostenibilidad lleva consigo algunas dificultades conceptuales porque nada es sostenible siempre. La idea misma de equilibrio ecológico es un mito. Todo sistema ecológico y social está en permanente estado de cambio.

para comprender y solucionar los problemas del mundo real (Naredo, 2006).

En el caso de la Ciudad de Buenos Aires, las condiciones particulares de su ubicación hacen que, por ejemplo, la problemática de la calidad del aire no tenga la importancia que adquiere en otras ciudades, tales como Santiago de Chile o Ciudad de México, al igual

El sistema de organización más sostenible será entonces aquel sistema socioecológico -humano y ambiental- en el que el valor de dicho sistema no sea decreciente en el tiempo. Puede decrecer transitoriamente pero no a largo plazo.

Aquí llega entonces el problema del valor. Para algunos es monetario -existen trabajos científicos sobre cuánto dinero vale la biosfera- para otros es un valor de existencia de las especies; esta es la postura del “deep ecology”. Pero muchos también ven un valor en la calidad de vida y en los servicios ecosistémicos que sirven para mantenerla. Por tanto, según la perspectiva que cada uno tome, podrá hablar de la sostenibilidad, aunque se estará refiriendo a cosas distintas (Gallopín, 2009).

*Sin embargo, la falta de resultados inherente a la ambigüedad que exige el uso meramente retórico del término **sustentabilidad**, se está prolongando demasiado, hasta el punto de minar el hito político que acompañó a su aplicación inicial.*

La insatisfacción creciente entre técnicos y gestores que ha originado esta situación, está multiplicando últimamente las críticas a la mencionada ambigüedad conceptual y solicitando cada vez con más fuerza la búsqueda de precisiones que hagan operativo su uso. El extendido uso del epíteto “sostenible” en la literatura económico ambiental se inscribe en la inflación que acusan las ciencias sociales de términos de moda cuya ambigüedad induce a utilizarlos más como conjuros que como conceptos útiles

que el secuestro de CO₂ -con su consecuente liberación de O₂- tampoco sean temas centrales de la discusión; ya que constituyen un mínimo aporte al ambiente debido a lo privilegiado de su situación y condición natural, frente a otros factores que sí cobran una mayor importancia.

Al respecto, un estudio realizado en la ciudad de Los Ángeles -Estados Unidos- ponderó en términos económicos los beneficios ambientales del Arbolado Urbano, adjudicándole el 81% del total a aspectos estéticos y otros, un 8% a los factores vinculados a la disminución de la escorrentía superficial, un 6% corresponde al ahorro de energía, un 4% a la mejora de la calidad del aire y sólo el 1% a la captura de dióxido de carbono (McPherson et al. 2010).

En lo concerniente al secuestro de carbono, si bien como todos los servicios ambientales son sumamente valiosos, tampoco debe sobrestimarse en su ponderación. A modo de ejemplo, estudios y mediciones realizadas en la ciudad de Toronto –Canadá- indican que el volumen de carbono secuestrado anualmente por el arbolado equivale a las emisiones producidas durante el mismo período por 733.000 automóviles, (solo una parte del parque automotor). El dato significativo es que la cantidad de árboles, en la citada área metropolitana, es de 10.200.000 ejemplares, de los cuales 600.000 (5,88%) son árboles viarios, 3.500.000 (34,31%) corresponde a ejemplares existentes en parques y áreas naturales, y 6.100.000, o sea el 59,81% de los árboles se encuentran en propiedad privada (Toronto Parks, Forestry & Recreation, 2012).

Si se debiera definir cuál es el mayor aporte ambiental del arbolado urbano a la ciudad de Buenos Aires, casi sin lugar a dudas sería el efecto regulador que en las temperaturas estivales es producido por la oferta de sombra vegetal en una ciudad donde los registros térmicos, ya sea producto del calentamiento

global o debido al efecto isla de calor, tienden a la alza.

Este solo factor, unido al aporte estético que implica la presencia del árbol, ejerce una influencia directa para mejorar la calidad de vida de ciudadanos y visitantes, con una mayor importancia que la sumatoria del resto de sus contribuciones ambientales para mejorar la calidad de vida urbana.

El arbolado urbano constituye un componente fundamental en el ambiente urbano, pese a la habitualmente escasa información que manejan quienes poseen la responsabilidad de su gestión; por lo que la evaluación y valoración de sus valiosos aportes son generalmente subvaloradas, cuando no directamente ignorados (Nowak et al., 1997).

Un cabal conocimiento de la vasta amplitud de los costos y beneficios asociados con los árboles urbanos, así como también la influencia de las políticas, programas y prácticas sobre su manejo, son necesarios para mejorar la calidad de los mismos, muchas veces en situación declinante y, en consecuencia, con un deterioro de la calidad de vida urbana.

Los beneficios del arbolado urbano son básicamente los **servicios ambientales** producidos por los árboles, y que varían en tiempo y espacio de acuerdo a los cambios que ocurren en las ciudades, sus habitantes y sus necesidades; y que dependen de la correcta elección de las especies y su localización, su biodiversidad, una

distribución etaria adecuada, así como también de su estado general.

Estos servicios ambientales o servicios ecosistémicos son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas o biomásas

ponen a disposición de la sociedad de manera natural y que, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades, (SEMARNAT, 2003).

En particular, cuando se trata de la función ambiental de la vegetación en la ciudad es importante destacar que, como consecuencia del crecimiento urbano, el suelo se ha visto modificado provocando la ausencia de nutrientes esenciales, lo que muchas veces condiciona el crecimiento de la vegetación pero, de manera paralela, esta condición tiene sus efectos en la calidad del aire ya que se incrementan los niveles de dióxido de carbono en perjuicio de la salud humana porque, ante la ausencia de vegetación, los niveles de captura de carbono, como un servicio ambiental, disminuyen (Wark y Warner, 2007).

La sustentabilidad del arbolado urbano es un tema amplio y complejo a tratar debido fundamentalmente al carácter dinámico de sus constituyentes, no solo por sus propias características como ser vivo, sino también por los factores propios del ambiente urbano y por el impacto que la sociedad y sus actividades provocan sobre los árboles urbanos.

En este escenario, el cuidado y el mantenimiento en términos sustentables del arbolado urbano, representa la preservación de la eficiencia del ecosistema urbano, a largo término, de un modo seguro y ambiental, en conjunto con su viabilidad económica, justicia social y equidad para los ciudadanos (Ferrini y Fini, 2011).

Según Sample (1993) la sustentabilidad en el arbolado urbano comprende el gerenciamiento y las prácticas que son simultáneamente: sanas desde el punto de vista ambiental, viables en lo económico y socialmente responsables.

Clark (1997) por su parte, hace foco en

A partir de reconocer las importantes vinculaciones entre sociedad y naturaleza, se entiende al sistema como un todo y no como dos sistemas separados (hombre – naturaleza).

mantener los beneficios netos del arbolado urbano a su más alto nivel, para lo cual será necesario sostener la calidad ambiental, la calidad del recurso, el desarrollo económico, la salud psicológica, el hábitat para la vida silvestre y el bienestar de la comunidad.

Según Gallopin (2003), existen tres tipos de sostenibilidad:

- **Sostenibilidad del sistema humano únicamente**

Donde la economía es lo que importa y la naturaleza se relega a la función de proveedora de recursos y servicios naturales y a sumidero de los desechos producidos por la actividad humana. Se orienta a reemplazar lo natural por lo artificial, principio de sustituibilidad, donde la tecnología será la solución al agotamiento de los recursos naturales. Los sistemas ecológicos solo están en función de la sostenibilidad del componente humano. Es la que se denomina **sostenibilidad muy débil**. Responde a la visión antropocéntrica extrema.

- **Sostenibilidad del sistema ecológico principalmente**

Se opone a la anterior, privilegiando la sostenibilidad ecológica por encima de los aspectos económicos y sociales. Es la denominada “verde a ultranza” o **sostenibilidad muy fuerte**, anhela la preservación del ambiente desde una mirada biocéntrica.

- **Sostenibilidad del sistema socioecológico total**

Desde un punto de vista, se inscribe dentro de la idea de **sostenibilidad fuerte**, desde la que se comprende a los recursos naturales como insumos esenciales de la producción

económica, del consumo y del bienestar general del sistema, y no deben reducirse, porque la pérdida de muchos de ellos afectaría a procesos ecológicos, bioquímicos y económicos, tornándolos irre recuperables.

A través del análisis y síntesis de las distintas definiciones, así como del conocimiento de la realidad, se puede concluir que ***el arbolado urbano será sustentable cuando, determinada la capacidad portante del área urbana considerada (barrio, comuna, distrito, ciudad, región, etc.) y alcanzada la cobertura arbórea determinada y apropiada (el árbol correcto en el sitio correcto), la misma se mantiene constante a través del tiempo, maximizando los beneficios ambientales, minimizando las tareas y acciones necesarias para su mantenimiento y efectuando un tratamiento y/o aprovechamiento de los residuos biológicos generados.***

Esto significa que

- Establecida la potencialidad del área urbana para sostener arbolado, y después de realizar tareas de campo para relevar la situación real y potencial de los sitios de plantación; en una segunda etapa se deberán ir ocupando los mismos con la especie adecuada en la totalidad de los espacios vacantes o por consolidarse, por ausencia de ejemplar o por reemplazo necesario del mismo;
- Se deberá lograr mantener esa ocupación plena a través del tiempo realizando los cambios y reemplazos que sean necesarios;
- Gestionar de un modo racional a la

totalidad del universo arbóreo, evitando tareas superfluas e innecesarias que sólo consumen recursos y generan emisiones,

- Brindar un destino de provecho a los residuos verdes que la propia dinámica del mantenimiento genere.

Cabe también aclarar que la capacidad portante determinada podrá variar en el tiempo debido a los cambios que pudiesen llegar a producirse en la estructura urbana, así que como por su característica de estar compuesto por seres vivos, los árboles que constituyen el bosque urbano cumplen con su ciclo biológico llegando en algún momento al final de su vida, la cual, habitualmente, es posterior al término de su vida útil; es decir que en la ciudad tendremos un momento indicado para proceder a su reemplazo y, en la generalidad de los casos, éste será previo a su muerte biológica.

Merece aquí definir el término “*vida útil*”, ya que el mismo surge como producto de una evaluación de la relación beneficio/seguridad/costo, que determina el momento conveniente para efectuar el reemplazo de un árbol, que puede estar aún vital y con una determinada expectativa de vida, mientras que “*vida biológica*” está vinculada directamente con la actividad de los meristemas del árbol, los que al momento de cesar en su crecimiento determinan su muerte. Vale aclarar que en los árboles urbanos rara vez coincide vida útil, y biológica, y que la primera es la que importa en este contexto.

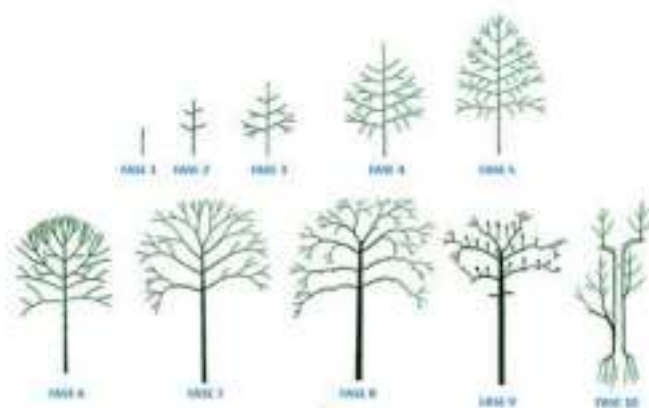
Tal como lo explica Raimbault, las fases finales del árbol conllevan, inevitablemente, la degeneración y la ruina

estructural. En el árbol con desarrollo libre, esa degeneración comienza en el sistema radicular, reduciendo su funcionalidad y su capacidad de anclaje, prosigue con el

“descenso” de la copa, y continúa con la “regresión” general de la copa, y la neoformación de una copa interior desorganizada. Internamente, la madera

sufre procesos de pudrición que la debilitan. Todo esto se traduce en roturas y accidentes tanto más graves cuanto mayor sea el peso y la altura de lo que cae, y el valor e importancia de lo que hay debajo (personas, bienes...). Las diferentes especies sufren este proceso con

mayor o menor rapidez. La correcta gestión debe detectar estos problemas y adelantarse a las caídas y roturas, bien mediante la eliminación del árbol, bien mediante las reducciones de copa necesarias (importantes, si fuera necesario) (Iguñiz, 2005).



LAS 10 FASES SEGÚN RAIMBAULT

Los indicadores empleados habitualmente para evaluar la sustentabilidad del arbolado urbano viario, en su mayoría, indican un vínculo entre características propias de las especies, de los ejemplares o de su estado, vinculándolos con la organización territorial y espacial que se les ha asignado en el espacio urbano. Así por ej. la biodiversidad estará indicando como la intervención humana diseño un arbolado diverso o la composición

Norteamérica con las grandes masas de olmo etaria indicaría cómo se gestiona el arbolado urbano en lo que a su permanencia respecta.

De los múltiples y variables indicadores utilizados frecuentemente, un grupo reducido de ellos son los considerados fundamentales e irremplazables y son: Biodiversidad, Cobertura, Composición Etaria y Adaptabilidad al medio.

Biodiversidad

El concepto de biodiversidad en el Arbolado urbano, tuvo uno de sus orígenes como una necesidad y respuesta a lo acontecido en la zona este de los Estados Unidos de

americano (*Ulmus americana*) que constituían la base fundamental del arbolado de innumerables ciudades y su irremediable pérdida ocasionada por la accidental introducción de la Grafiosis o Enfermedad

Holandesa del Olmo, provocada por un par de hongos, *Ophiostoma ulmi* y *Ophiostoma novo-ulmi* que ocasionó la pérdida de millones de ejemplares de esta especie, de uso muy frecuente en el arbolado urbano.

Surge de este modo la necesidad de lograr una diversidad apropiada del arbolado urbano, no solo para protegerlo de situaciones de desastres ambientales como el mencionado, sino también para disponer de

material vegetal adecuado para cumplir con la premisa básica de “el árbol correcto en el sitio correcto”, inviable de llevar a la práctica si existiese el monocultivo de una sola o muy pocas especies.

La solución del “Diez por ciento” planteada por Santamour (1999), resulta una manera práctica y sencilla de evitar situaciones de crisis en el arbolado urbano debidas a la irrupción de una plaga o peste, o ambas a la vez, que manifestadas en una misma área y en el mismo momento, puedan producir estragos en la población arbórea de la especie afectada, por lo que esta regla fue considerada fundamental para salvaguardar la continuidad del arbolado urbano ante la amenaza de plagas o pestes.

Otro tipo de enfermedades detectadas sobre algunas especies, géneros o familias botánicas, ponen de relieve la importancia de contar con una adecuada diversidad en el arbolado urbano.

Casos ejemplificadores tales como la marchitez de los robles, taladros en los fresnos, antracnosis y termitas en plátanos, y la vaquita del olmo o la mencionada grafiosis de la misma especie, encienden una alerta sobre los daños que pueden presentarse si se recurre exageradamente al monocultivo de una sola especie, debiendo considerarse que si bien en algunos casos estos ataques y/o infecciones no acaban con la vida de los ejemplares, lo desmerecen en su aspecto y afectan su normal crecimiento y desarrollo.

La biodiversidad en el arbolado urbano debe entenderse entonces, como una necesidad para lograr la sustentabilidad del mismo, logrando ambientes agradables para vecinos y visitantes de las áreas urbanas a través de dos cualidades que aunque parezcan antitéticas

son complementarias: la uniformidad u homogeneidad requerida para reducir los costos de mantenimiento y la diversidad o heterogeneidad para asegurar su supervivencia (Galvin, 1999).

Resulta necesario poner énfasis, además, en el empleo de árboles de comprobada aptitud, a través de la experiencia y el conocimiento que acumulan los técnicos y profesionales locales, así como también la necesidad de planificar las acciones sobre el arbolado.

Santamour, (1990) indica también que habitualmente las plagas tienden a seguir en su ataque a las categorías taxonómicas superiores al filum especie, como ser género y familia. No en vano la literatura especializada en la temática adopta nombres genéricos, tales como enfermedad holandesa de los olmos, marchitez de los robles, etc.

Esta circunstancia pone en crisis la regla del “Diez por ciento” (Santamour, 1999) aunque por lo general, en el arbolado urbano viario de nuestra región, rara vez se utilice más de una especie de un mismo género, por ej. se utiliza una especie del género *Tilia* (tilo), una del género *Liquidambar*, una del género *Jacaranda*, aunque por supuesto existen excepciones: el género *Fraxinus* está representado por al menos dos especies, *pennsylvanica* y *excelsior*, por lo cual este tipo de situaciones ha llevado a ampliar esta regla a los siguientes parámetros:

Para lograr un máximo de protección contra los estragos de nuevas plagas o la irrupción masiva de aquellas ya conocidas para el arbolado urbano el criterio a emplearse para definir la frecuencia del arbolado urbano para

la totalidad de un área o región debería ser:

1. No más del **10%** de árboles pertenecientes a una misma

- especie 2. No más del **20%** de árboles pertenecientes a un mismo género
3. No más del **30%** de árboles

pertenecientes a una misma familia

El mismo autor, como una recopilación de lo que debe ser el “sentido común” aplicado a esta temática específica recomienda además:

- El empleo de clones o cultivares que han sido reproducidos en los viveros durante años y que han demostrado ser confiables para su empleo en el arbolado urbano.
- La incorporación de nuevas especies que han sido desarrolladas a través de investigaciones y ensayos, y que han sido seleccionadas por su performance de supervivencia, su resistencia a plagas o cualquier otro atributo deseado en el arbolado urbano.
- El empleo moderado, a modo de prueba, de nuevos cultivares aún no probados o árboles de especies o géneros no empleados habitualmente.
- Emplear los mejores clones o cultivares pertenecientes a varios géneros y especies, diseminados por toda la ciudad pero distribuidos en líneas o bloques uniformes.
- Incorporar, como pauta educativa, aquellas especies inconvenientes para el arbolado urbano viario, aunque sea como ejemplares aislados, en espacios verdes públicos, para estimular el interés en el conocimiento de la diversidad que proporciona la naturaleza.

En el caso particular del arbolado urbano, la problemática de la biodiversidad apunta

fundamentalmente a evitar los monocultivos que puedan comprometer la seguridad biológica de la población arbórea.

Existen ejemplos de situaciones donde la preeminencia de una sola especie por sobre las demás ha provocado verdaderos desastres en el arbolado urbano, como por ej. el ya citado caso del Olmo americano (*Ulmus americana*) o el caso Peral “Bradford”, ambos muy cultivados en los Estados Unidos de Norteamérica, los cuales prácticamente desaparecieron de las calles debido a la vulnerabilidad a una enfermedad en el caso del primero (la enfermedad holandesa del olmo, provocada por *Ophiostoma ulmi*) o problemas estructurales (codominancia y corteza incluida) en el caso del segundo (Sissini et al. 1995).

Yendo más atrás en el tiempo, cuando la biodiversidad no era un tema de agenda en la gestión del arbolado urbano, el empleo de lilas (*Syringa vulgaris*), como árbol urbano viario, fue discontinuado en los Estados Unidos de Norteamérica porque se vio afectado por el auge del crecimiento del parque automotor que utilizaba en aquel momento combustibles que liberaban a la atmosfera altos niveles de plomo al cual era sumamente sensible la mencionada especie, provocándole efectos que disminuían la vida útil de la misma.

En el caso específico de la ciudad de Buenos Aires, especies otrora importantes en la composición del arbolado urbano, tales como el Paraíso (*Melia azedarach*) y el Arce común (*Acer negundo*) han debido ser discontinuados en su uso por su vulnerabilidad al ataque de hongos xilófagos, (descomponedores de madera) y lo mismo sucedió más recientemente con una especie puesta a prueba, el Guarán amarillo (*Tecoma stans*), debido en este caso a problemas

ocasionados por su propia arquitectura arbórea y su hábito de crecimiento.

Estos casos mencionados, así como otros similares han demostrado que los problemas

sanitarios o estructurales son específicos de ciertas familias, géneros o especies, por lo que la biodiversidad constituye un factor fundamental para garantizar la sustentabilidad del arbolado urbano para minimizar las pérdidas, así como también las tareas de mantenimiento.

La biodiversidad resulta de una combinación entre *riqueza específica* (cantidad total de especies botánicas diferentes) y *equidad o variedad intraespecífica* (distribución de individuos de la misma especie botánica).

Riqueza y equidad, si bien a menudo presentan una correlación positiva, van por

Cobertura

Considerando que la función fundamental del arbolado urbano es la de mejorar la calidad ambiental de los lugares donde la gente vive, resulta lógico el suponer que cualquier administración tendería a implantar la mayor cantidad de árboles posible, cuando en realidad lo importante es determinar cuál es el número óptimo y adecuado de árboles para una ciudad, considerando que generalmente esta cantidad no coincide con el máximo posible.

Debe destacarse la diferencia entre *Densidad*, descripción objetiva de la biomasa arbórea de un área determinada y vinculada a la cantidad de árboles, el área basal y la cobertura de la dosel; y *Dotación*, que implica, en cambio, un juicio de valor indicando cuál es el stand adecuado de árboles para cumplir con determinados objetivos, por lo que generalmente una ***dotación óptima es menor que la mayor densidad posible***.

Siempre se debe tener presente que los bosques están caracterizados o dominados por carriles diferentes, ya que por ejemplo una

comunidad con 10 especies diferentes pero con una distribución desigual de individuos de cada especie tiene una menor diversidad que otra con 8 especies diferentes pero con una distribución similar de individuos de cada una de ellas (Barbour et al., 1987).

Los índices de diversidad de especies son variados, dependiendo de las unidades y cantidades en que se expresen, así como también a la valoración que se le brinde a la equidad o variedad intraespecífica y a la riqueza específica (McPherson y Rowntree, 1998).

Un índice de diversidad apropiado debe relacionarse más con la equidad que con la riqueza, ya que una gran cantidad de especies poco representadas puede disfrazar la realidad de una situación.

por los árboles, mientras que las áreas urbanas se caracterizan por la densidad de estructuras construidas y sus habitantes, mientras que los árboles constituyen un acompañamiento de ambos.

La cobertura, el dosel, o más precisamente la cantidad y distribución del área foliar, es la fuerza impulsora en la que subyace la capacidad del arbolado urbano para producir los beneficios ambientales para la comunidad.

Cuando el dosel aumenta, lo mismo ocurre con los beneficios proporcionados por la cubierta vegetal, fundamentalmente el control climático y su correspondiente ahorro energético; mientras que la mejora en la calidad del aire, suelo y agua; la mitigación de la escorrentía debido a precipitaciones extraordinarias; la captación, y por ende reducción, del dióxido de carbono, tienen mayor vinculación con el índice de área foliar.

Numerosos autores indican que con demasiada frecuencia los gerenciadore del arbolado urbano basan sus programas en la necesidad de incrementar la cobertura verde, lo cual lleva asociado incrementar la plantación de árboles y el posterior manejo de un arbolado en expansión.

Bajo este tratamiento, la meta a alcanzar es de un 40% de cobertura en zonas húmedas y de un 30% en zonas áridas, posición bastante ambigua y que puede resultar inviable en determinadas áreas urbanas, ya que este índice de cobertura, por sí solo, no refleja la capacidad y potencialidad de las distintas zonas en lo que respecta a su posibilidad de albergar arbolado viario. Este porcentaje hace referencia a la superficie del espacio público viario (aceras más calzada) cubierto por la proyección de la copa de los árboles (Raciti et al., 2006).

Los factores que pueden hacer poco fiables con el paso del tiempo las estimaciones de cobertura por simple estimación del dosel tienen que ver con:

- Tasas de mortalidad, de las que habitualmente se dispone de muy poca información.
- Cambio climático, donde los impactos potenciales en el clima y sus cambios extremos son dificultosos de predecir.
- Nuevas plagas, que resultan impredecibles en su impacto sobre la población arbórea.
- Hábitat arbóreo, donde interesa la incertidumbre sobre la disponibilidad y calidad de los sitios de plantación para nuevos árboles.
- Obras y/o urbanizaciones que pueden ocasionar pérdidas de cubierta vegetal.
- Presupuestos y recursos limitados que atentan contra el mantenimiento del arbolado.

Una cobertura verde de alta calidad no sólo implica una adecuada dotación de sitios de plantación, sino también las consideraciones sobre la espacialidad superior vinculada directamente a la posibilidad de expansión del dosel, los usos del suelo actuales y futuros, las características regionales de suelos y clima y otras variables claves que pueden afectar el crecimiento y la longevidad de los árboles.

Por otra parte, la determinación y utilización de la cobertura proporcionada por el dosel, no brinda por sí sola una buena medida de la sustentabilidad del arbolado, ya que se trata de una determinación espacial que no involucra la calidad de los ejemplares que la conforman. Por ejemplo, en la ciudad de Buenos Aires, más del 10% del arbolado público viario está constituido por ejemplares que no son aptos, requiriendo tareas de mantenimiento por encima de los estándares y generando residuos sin ningún tipo de aprovechamiento.

El grado de cobertura del dosel ha sido considerado como uno de los indicadores más importantes sobre la sustentabilidad del Arbolado urbano. (Clark y otros. 1997 ya citado)

Generalmente, se considera que cuanto más cobertura presente la ciudad, mejor su calidad ambiental, no obstante definir cuál es la cobertura de dosel ideal para un área urbana ha resultado ser una tarea difícil, debido fundamentalmente a las diferencias que habitualmente se presentan en la estructura del recurso arbolado urbano, los patrones de uso del suelo, las características climáticas, prácticas de manejo, y actitudes de la comunidad hacia el Arbolado urbano.

Como parámetros a contemplar dentro de la estructura urbana, se considera que una cobertura adecuada estaría en el orden del 15% para las áreas centrales e industriales, del 25% en áreas comerciales y residenciales urbanas, y del 50% en áreas residenciales

suburbanas, considerando que la evaluación periódica de la cobertura es de suma importancia para determinar la eficacia de las medidas dirigidas a preservar y mejorar el arbolado urbano (Bernhardt y Swiecki 1999). Debido a la naturaleza dinámica del arbolado urbano, resultará complicado establecer un óptimo para la cobertura arbórea.

En el Hemisferio Norte, una cobertura próxima al 50% aparenta ser apropiada para las plantaciones de primera generación en áreas residenciales. No obstante, se considera que una cobertura del 25% resulta razonable para aquellas áreas donde el arbolado urbano ha alcanzado cierto nivel de equilibrio.

*Las características estructurales de un arbolado urbano sostenible incluyen la biodiversidad y estructura etaria adecuadas, ejemplares sanos y bien adaptados al lugar y una **cobertura del dosel apropiada a las características climáticas del lugar*** (Clark y otros. 1997; McPherson 1998).

La cobertura de superficies pavimentadas se han considerado como un medio ventajoso y económico de atenuar las islas urbanas del calor (Akbari y otros, 1992; Asaeda y otros, 1996), reduciendo emisiones de los hidrocarburos implicados en la formación del ozono (Scott y otros, 1999), control del escurrimiento en situaciones de lluvias torrenciales (Xiao y otros, 1998) y aumento de la vida útil de pavimentos (McPherson y otros, 1999).

La determinación de la cobertura apropiada del arbolado urbano sobre las calles y las aceras de la ciudad es complicada porque los planificadores deben considerar no solo la dinámica del desarrollo del soporte urbano, sino también factores tales como

composición específica del mismo y la utilización del suelo.

Considerando que un arbolado típico urbano activo es aquel que se ubica en una franja etaria de 20 a 60 años, el dosel irá aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo, momentos antes que la senectud y la mortalidad, relativa a la edad, comienzan a reducir esa cobertura.

Si los árboles son reemplazados selectivamente en un plan a mediano plazo, respetando las especies originales, en el caso que la misma sea la adecuada al sitio, la cobertura se podrá mantener en un nivel sostenible, donde el predominio de árboles jóvenes equilibrará los vacíos dejados por la pérdida continua y previsible de árboles seniles.

Si en cambio se optase por una intervención de gran escala y a muy corto plazo, donde se involucre una gran cantidad de árboles para extraer y reemplazar, se provocaría una pérdida más drástica de cubierta y de su recuperación subsecuente.

Debe considerarse además que por lo general, la cobertura lograda por la primera generación de árboles viarios será probablemente mayor que la que se presentará con el correr de los años, cuando esta población presente una estructura de edad más diversa por los naturales reemplazos que deban efectuarse, aunque por otra parte, será más estable.

El uso de la fotogrametría y la teledetección son dos posibilidades en las que puede analizarse la cobertura del arbolado urbano aunque solo se trate de una estimación unidimensional de la misma.

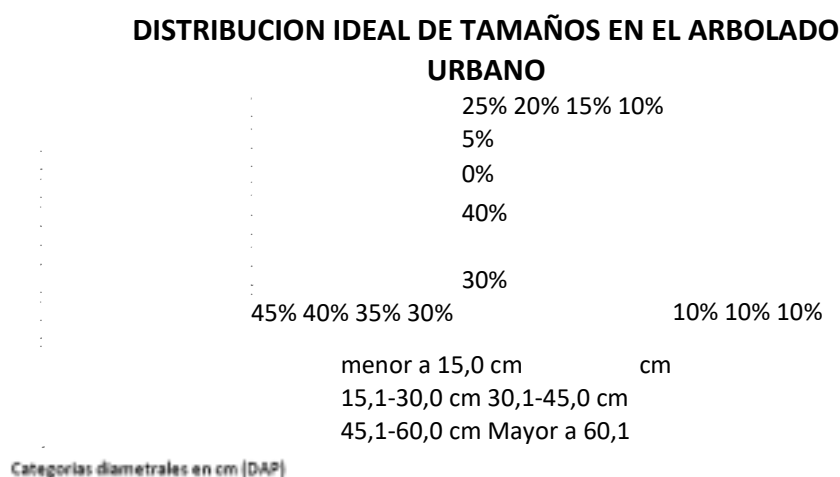
Composición etaria

El propósito de diversificar la composición etaria en el arbolado urbano es el de generar un flujo sostenido de beneficios netos ambientales, similares a los que se puede calcular para un solo ejemplar.

Para ello se requiere lograr una distribución etaria proporcional de las especies utilizadas para lograr un arbolado con edades diferentes, para lo cual la cantidad aproximada de árboles a plantar por año debe surgir de la cantidad total máxima esperada cuando se encuentren ocupados todos los sitios de plantación, dividida por la edad máxima de remoción para cada una de las

especies (Thompson, R. et al, 1994).

Utilizando el tamaño para poder estimar la edad, Richards (1983) identificó una proporción “ideal” para los arboles urbanos, en la cual el 40% de la población urbana correspondería a la clase diametral más pequeña de menos de 15 cm (6”) de diámetro. Un valor por sobre ese porcentaje estaría indicando que el área urbana todavía no estaría recibiendo las ventajas completas del dosel arbóreo, mientras que si las clases mayores presentan valores altos, los problemas se centran sobre mortalidad y el reemplazo.



Distribución etaria ideal en el arbolado urbano. Fuente: Richards

(1983) No obstante, la distribución por categorías

diametrales puede llamar a engaño si la misma no se la vincula con las especies, ya que no todos los árboles poseen la misma potencialidad de crecimiento, resultando para las especies de menor porte, o de tercera magnitud como también se las denomina, imposible de alcanzar valores de las categorías superiores.

La diversidad etaria es para algunos investigadores mucho más importante para crear arbolados urbanos sostenibles que la diversidad de especies. Si todos los árboles en una localización urbana particular llegan a la senectud al mismo tiempo, existe una mayor probabilidad de una pérdida catastrófica.

20

Un programa de replantación continuo, que vaya escalonando las edades de los árboles viarios, podría prevenir las gravísimas pérdidas simultáneas de árboles.

Muchos estudios encuentran una significativa relación estadística entre la edad del árbol y su diámetro, aunque los coeficientes de correlación entre estas variables, dentro de una misma especie y para un mismo sitio son altamente variables, ya que el crecimiento no es constante y resulta ser relativamente independiente del tamaño.

De hecho, el coeficiente de correlación (r) para seis casos de estudio que involucraron a especies de los géneros *Acer*, *Quercus*, *Fagus*, *Betula* y *Liriodendron*, tiene un promedio de 0.73, con una dispersión que oscila entre 0.26 a 0.94., lo que implicaría que solamente el 53% de la variación en edad puede ser estimado conociendo el diámetro de un árbol que crece en un determinado soporte forestal (Cogbill, 2003).

Otros estudios continúan utilizando una ecuación de regresión de la edad del árbol en función de su diámetro para determinar aproximadamente su edad.

En algunas investigaciones como las de Lorimer (1980) y Leak (1975), esta ecuación

especie manifiesta ante una serie de situaciones o limitantes que se le presentan y que, a modo de ejemplo, se encuentran representados en la tabla que acompaña,

de regresión es utilizada para transformar una frecuencia de diámetro de una muestra (estructura del tamaño) en una frecuencia de la edad (estructura de edad). No obstante el empleo de este tipo de ecuaciones deterministas, no contempla ningún tipo de variabilidad en la determinación etaria, situación que puede corroborarse cuando se trata de determinar la edad de un ejemplar aislado situado por fuera de la muestra.

La estimación de la edad de los árboles se efectúa mediante una amplia variedad de métodos que abarca desde estimaciones visuales no invasivas hasta otras que requieren del abatimiento del ejemplar, lo que hace a estas últimas inviables para su utilización en el Arbolado urbano.

La determinación de la edad de los árboles en el Arbolado urbano quedaría, entonces, limitada casi exclusivamente a la experiencia de los observadores forestales o a los casi inexistentes registros de plantación, por lo que la estructura etaria continua siendo analizada en función de los tamaños promedios de los troncos de las diferentes especies más frecuentes y su relación con la velocidad de crecimiento de las mismas.

Adaptabilidad al medio

La adaptabilidad al medio urbano está constituida por el tipo de respuesta que cada

donde McPherson (1998) adjudica un determinado puntaje de la respuesta a cada factor de adaptabilidad, resultando más

ventajoso, según este criterio, el que mayor puntaje alcance en su evaluación.

21

Descripción y valor de los factores de adaptabilidad. Fuente: McPherson, 1998

FACTOR DE ADAPTABILIDAD	DESCRIPCION	VALOR
Tolerancia a pestes y enfermedades	Afecta costos de mantenimiento, salud y longevidad	5
Tolerancia al suelo y al drenaje	Tolerancia a texturas y drenajes vinculadas a la sanidad	5
Proceso de senescencia/dehiscencia	Producción de residuos afecta costos de mantenimiento	5
Adaptación al clima	Resistencia a los extremos climáticos afecta la salud del árbol	5
Necesidades de poda	Tasa de crecimiento y patrón de estructura afecta costos mant.	3
Solidez de la madera	Madera quebradiza, arboles susceptibles a caída de ramas	3
Daños a pavimentos	Raíces superficiales levantan pavimentos	3
Tolerancia a la sequia	Estrés durante periodos de sequias afecta la salud del árbol	3
Disponibilidad de ejemplares	Mejor aprovechamiento del árbol al sitio	3
Longevidad	Los rasgos genotípicos afectan los costos de reemplazo	1
Tolerancia al Ozono	Altos niveles de smog afectan la salud del árbol	1
Emisión de Comp. Orgánicos Volátiles	Afecta el nivel de Smog y la salud humana	1
Alergogenia	La producción de polen afecta a los sensibles a alergia	1

La adaptabilidad al medio resulta de la combinación de varias características vinculadas a la tolerancia del árbol a distintas situaciones, que hacen a una especie o a un cultivar particular más o menos adecuado para su utilización en áreas urbanas.

Evidentemente, la aplicación y la evaluación

de las características de adaptabilidad a los distintos factores presentados, estaría implicando un exhaustivo conocimiento previo de las especies evaluadas, por lo que solamente podrán ser utilizadas donde se disponga del conocimiento del comportamiento de cada una de las especies

a las características del ambiente.

Para categorizar a cada una de las especies más frecuentes en el arbolado viario de la C.A.B.A. se emplea el criterio definido en *“Urban Forest Diversity Guidelines, 2011 Tree Species Selection Strategy for the City of Melbourne”*, dado la similitud de las características evaluadas y la sencillez del método.

La adaptabilidad de cada una de las especies a las condiciones urbanas se logra a través de la sumatoria de los puntajes obtenidos para cada uno de los doce criterios evaluados, asignando a cada uno de ellos un puntaje que tienen un rango de 1 a 5, considerando que la especie estará más adaptada al ámbito urbano, cuanto más próxima se encuentre al puntaje ideal de 60.

soportar períodos secos extendidos. Las plantas que requieren menos agua, una vez que ellas se establecen, son generalmente más tolerantes porque están adaptadas a regiones con sequías frecuentes o a suelos con baja capacidad baja de almacenaje de agua.

Escala:

1 = no tolerante a períodos secos extendidos. 5 = altamente tolerante a períodos secos extendidos

· **Tolerancia al calor.**

El estrés por calor se puede definir como el aumento de la temperatura más allá de un determinado nivel y por un período de tiempo suficientemente prolongado como para causar un daño irreversible al crecimiento vegetal y a su desarrollo. Las temperaturas altas, ya sea en forma transitoria o constante causan cambios de importancia al crecimiento vegetal.

Escala:

Los doce criterios empleados para este análisis son:

- Tolerancia a la sequia
- Tolerancia al calor
- Tolerancia al viento
- Longevidad
- Tolerancia a la Polución
- Susceptibilidad a plagas y pestes ·
- Potencialidad como alergénico.
- Proyección de sombra.
- Requerimientos de mantenimiento ·
- Generación de residuos
- Persistencia del follaje*
- Desarrollo de raíces*

*incorporados a los diez criterios originales

· **Tolerancia a la sequia**

La tolerancia a la sequía se define como la capacidad de una especie de

22

1 = no tolerante a temperaturas altas transitorias o constantes.

5 = tolerante a temperaturas altas transitorias o constantes.

· **Tolerancia al viento.**

Evaluación de la especie o la variedad de que se trate respecto a su susceptibilidad a la fractura de ramas sanas motivada por la acción del viento.

Escala:

1 = baja tolerancia para soportar vientos. 3 = tolerancia moderada para soportar vientos. 5 = tolerancia alta para soportar vientos.

· **Longevidad**

Consiste en la expectativa de vida prevista para una especie de árbol con el propósito de que siga conservando sus características estéticas y de seguridad, lo que podría asimilarse con su vida útil como árbol

urbano. La mayoría de los árboles urbanos ven reducidas sus vidas comparadas a las que tendrían en sus hábitats naturales.

Escala:

1= vida muy corta (< 30 años)

2 = vida corta (30- 50 años).

3 = vida moderada (50-100 años).

4= vida moderada a larga. (100-150 años).

5= vida larga (> 150 años).

· **Tolerancia a la Polución**

Los agentes contaminantes del aire pueden dañar a los árboles de dos maneras; siendo absorbidos como contaminantes químicos a través de los estomas, o depositándose sobre la superficie de las hojas como polvo o particulado.

Virtualmente todos los agentes contaminantes de los árboles son aerotransportados, e incluyen a los fluoruros,

los oxidantes, el dióxido de sulfuro y el monóxido de carbono, mientras que el ozono (O₃) y el peroxiacetilo (PAN) son los principales contaminantes secundarios derivados de las reacciones fotoquímicas entre hidrocarburos y óxidos de nitrógeno .

La tolerancia de las especies a los agentes contaminantes se relaciona en gran parte con su posibilidad de evitar o no la deposición de los mismos sobre sus hojas o bien por presentar una tolerancia bioquímica a ellos. Algunas especies pueden metabolizar los agentes contaminantes transformándolos en sustancias menos tóxicas, por lo que existe una enorme variabilidad en cuanto a la tolerancia a la contaminación.

La calificación de las especies analizadas surge, en este ítem, de la literatura consultada y de la experiencia recogida. Escala:

5 = altamente tolerante a la contaminación

23

3 = moderada tolerancia a la contaminación
1 = poco tolerante a la contaminación

· **Susceptibilidad a plagas y enfermedades**

Este criterio considera la susceptibilidad de las especies a los ataques de pestes o plagas, considerando solo a aquellas que revisten importancia por la magnitud de sus daños y el compromiso con la vida futura del ejemplar.

Escala:

1 = alta susceptibilidad a pestes y/o plagas, con dificultoso control.

5 = baja susceptibilidad a pestes y/o plagas, con fácil control.

La calificación de las especies analizadas surge, en este ítem, de la literatura consultada y de la experiencia recogida.

· **Potencialidad alérgica.**

De las 50.000 diferentes especies de árboles, menos de 100 se consideran como causantes de alergias. La mayoría de las alergias son específicas a un tipo de árbol o al cultivar masculino de ciertos árboles, ya que se vincula directamente con la producción y liberación de polen, el gametofito masculino.

Escala:

1 = alto potencial como alérgico. 5 = bajo potencial como alérgico. La determinación se basa en los datos obtenidos de la literatura específica.

· **Proyección de sombra**

Este criterio considera una estimación cualitativa de la sombra proyectada por un árbol, la que se vincula a su forma y a la densidad de su follaje.

Escala:

1 = bajo proyección de sombra.
3 = moderada proyección de
sombra. 5 = alta proyección de
sombra.

· **Requerimientos de mantenimiento**

Este concepto considera los trabajos de poda típicos del mantenimiento. Las tareas de mantenimiento son generalmente mayores en árboles más jóvenes para lograr la adecuada forma acorde a las características del sitio.

Escala:

5 = bajo - debido al tamaño o al hábito del crecimiento de la planta.
3 = moderado - requiere programas de poda periódicos y convencionales para solucionar adecuación al sitio, manejo del

riesgo y regularización del ejemplar.

1 = alto - las necesidades de mantenimiento son mayores que los estándares convencionales.

· **Generación de Residuos**

Todos los árboles generan residuos, bajo la forma de hojas, corteza, flores o frutos en algún o en varios momentos del año. La cantidad, calidad y/o periodicidad de estos residuos puede generar inconvenientes de distinta índole en el ámbito urbano

Escala:

1 = cantidad, calidad y/o periodicidad de generación de residuos muy inconvenientes. 3 = cantidad, calidad y/o periodicidad de generación de residuos medianamente inconvenientes.

5 = cantidad, calidad y/o periodicidad de generación de residuos poco inconvenientes.

24

· **Persistencia del follaje.**

La característica de persistencia del follaje sobre el árbol y/o el período donde el mismo permanece foliado es de sumo interés para evaluar la posibilidad de asoleamiento durante los meses invernales.

Escala:

1 = follaje persistente
3 = follaje semi-persistente¹
5 = follaje caduco

· **Desarrollo de raíces.**

La característica del crecimiento y

desarrollo de raíces adquiere significativa importancia en el ámbito urbano debido a los conflictos que las mismas suelen generar con aceras, pavimentos y construcciones, afectando la circulación y la seguridad pública.

Escala:

1 = raíces de alta tasa de crecimiento que generan daños de importancia.
3 = raíces de mediana tasa de crecimiento que generan daños moderados.
5 = raíces de mediana tasa de crecimiento que no generan daños de importancia.

Se entiende por follaje semipersistente al que portan ciertas especies que conservan su follaje durante la mayor parte del año, inclusive durante el período invernal, y efectúan el recambio total del mismo habitualmente durante la primavera. Pertenecen a esta categoría especies tan importantes en el arbolado urbano de la C.A.B.A. tales como jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), tipa (*Tipuana tipu*), y lapacho (*Handroanthus impetiginosa*).

3. EL ÁRBOL CORRECTO EN EL SITIO CORRECTO

Listado Maestro de Calles y Avenidas

Definición de especies por Calles y por Comunas

Cada árbol —y, por extensión, cada especie en concreto— es un elemento único que no puede ser simplemente plantado en un determinado lugar del espacio público confiando en que el esfuerzo de los técnicos municipales logrará que se acabe adaptando con éxito.

A menudo no es suficiente con este conocimiento y esfuerzo, ya que los requerimientos de los árboles y los condicionantes de cada lugar ponen límites a su capacidad de adaptación. Cada árbol requiere así su lugar concreto y una cantidad determinada de suelo y de espacio para desarrollarse, razón por la que identificar adecuadamente estas exigencias permite optimizar la dedicación y los costes de mantenimiento, maximizando al mismo tiempo los servicios sociales y ambientales que ofrece.

La calidad del arbolado se convierte, así, en un activo valioso tan importante como la cantidad, como demuestra que, en algunos lugares de la ciudad, el elevado número de árboles se acaba convirtiendo en un problema por las dificultades de adaptación y las deficiencias que eso ocasiona en algunas especies.

Eso hace que sea recomendable aplicar criterios diferentes en cada lugar de la ciudad o, incluso, en algunos casos, renunciar a plantar y aplicar otras fórmulas de naturalización del espacio urbano.

Un arbolado de calidad y saludable siempre ofrece muchos más servicios y funciones para el bienestar de la ciudadanía. (Plan Director del Arbolado de Barcelona 2017/2037)

Tomando como antecedente el “Listado Maestro de Calles y Especies” que se construyó partiendo de la base de datos proporcionados por el Censo 2010/2011, se elaboró este nuevo Listado Maestro de Especies por Calles y Avenidas 2020 que viene a sustituir al anterior.

El mismo, como ya se mencionó, se referencia en el Nuevo Censo 2017/2018 y contempla los lineamientos básicos del Plan 100.000 árboles, por lo que existen varias modificaciones respecto al anterior, indicándose las mismas con el grisado de las

celdas correspondientes.

Los cambios efectuados obedecen entonces a las circunstancias mencionadas, indicándose también que se han incorporado nuevas segmentaciones en virtud de que al disponerse del ancho de acera vinculado a cada ejemplar, ha logrado asignarse de una manera más apropiada la especie a emplearse respecto al espacio disponible y a las preexistencias relevadas durante la tarea

censal.

No obstante cabe aclarar que en algunas circunstancias, por razones de preservación paisajística, se han mantenido especies sobredimensionadas respecto a su potencialidad espacial de desarrollo.

En contrapartida, situaciones similares a las descritas en el párrafo previo, contempladas en el Listado Maestro anterior, han sido

26

modificadas a pedido de las comunas involucradas para incorporar nuevas especies apropiadas a las dimensiones de las veredas donde se implantaran.

También merece destacarse que, en el caso de las aceras perimetrales de los espacios verdes, la especie a incorporarse podrá ser distinta a la definida para cada cuadra o grupo de cuadras, sugiriendo preferentemente en estos casos el empleo de especies pertenecientes a la Flora Argentina.

Respecto al Listado Maestro anterior, el Nuevo presenta una mayor cantidad de segmentaciones, concretamente un 62,5% más, debido a que fue posible redefinir las calles en sectores de menor extensión, conservando la homogeneidad con respecto a las preexistencias y contribuyendo a mejorar la biodiversidad. En esta oportunidad las calles o avenidas han pasado a denominarse corredores, siendo estos segmentos de calles y/o avenidas que tienen en común la especie arbórea, definida esta vez por la que presenta mayor frecuencia en correlato con el espacio disponible (ancho de acera).

Un comentario adicional merecen algunas situaciones particulares donde por ejemplo aparecen especies no aptas para el arbolado viario, como el palo borracho (*Ceiba speciosa*) o especies de gran tamaño en veredas que son de dimensiones reducidas. Estas excepciones se justifican por la necesidad de preservar plantaciones existentes, con una fuerte impronta en el macro o micropaisaje,

según corresponda, y no son significativas respecto al universo total del arbolado.

El análisis comparativo entre el primer Listado Maestro y el Nuevo arroja los siguientes datos.

- 1) La segmentación, surgida al considerar las especies existentes posibilitó pasar de 2.099 calles/corredores a 3.356 corredores. Esto implica la posibilidad de adecuar las nuevas plantaciones a las preexistencias, provocando menores cambios y logrando homogeneizar las alineaciones con un criterio más racional.
- 2) Se han incorporado seis nuevas especies al repertorio vegetal: dos en carácter experimental, *Vachellia caven* (espinillo) y *Sapium haematospermum* (curupí) ambas de la flora nativa, una perteneciente también a la flora nativa pero ya incorporada al listado complementario, *Prosopis alba* (algarrobo blanco), dos de la Flora Argentina, *Senna spectabilis* (carnaval) que se incorpora al listado complementario y *Ceiba speciosa* (palo borracho de flor rosada) especie no apta que solo se emplea para dar continuidad a dos situaciones particulares y finalmente una especie exótica, *Cersis siliquastrum* (árbol de

Judas). Del mismo modo se eliminó del listado la especie *Populus nigra* (álamo criollo), erróneamente atribuido al arbolado viario cuando en realidad se la encontraba ubicada en espacio verde.

- 3) En lo que respecta a la distribución de las principales especies, la situación es la siguiente: la especie con mayor cantidad de corredores asignados es el jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*)

con el 16,12% del total siendo esta la especie emblemática de la C.A.B.A., seguida por el crespón (*Lagerstroemia indica*) con el 12,25% asignada mayormente a veredas medianas a angostas, en tercera posición se ubica el liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) con el 11,26% especie de reciente incorporación y que reemplaza a parte de las especies discontinuadas, y muy próxima a esta se ubica el tilo

27

(*Tilia x moltkei*) con el 10,67% de los corredores, ocupando las veredas de mayor amplitud.

El quinto lugar es para el fresno americano (*Fraxinus pennsylvanica*), tal vez la mejor especie para el arbolado viario pero que por su excesivo empleo ha desbalanceado la proporción que cada especie debe ocupar, mientras que en sexta posición se ubica el plátano, (*Platanus x acerifolia*) con el 8,85%, la única de las especies dominantes del arbolado urbano durante la primera mitad del siglo pasado, que por sus condiciones y características, más allá de ciertos inconvenientes que durante algún período de su ciclo biológico pueda ocasionar, sigue constituyendo una pieza fundamental en el arbolado urbano.

El séptimo lugar es para el ligustro disciplinado (*Ligustrum lucidum aurea*), con el 6,44%, una de las pocas especies perennes empleadas en el arbolado viario y aplicada generalmente a veredas de reducido a mediano porte, seguida en octava posición por la pata de buey (*Bahunia forficata*) con 4,59%, especie de la flora argentina.

Características de las especies a emplear en el APL.

En novena y décima posición se ubican el fresno dorado (*Fraxinus excelsior aurea*) con 3,55% y el lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosa*) con 2,65%.

Las siguientes posiciones que se encuentran por encima del 1% de los corredores corresponden a tipa (*Tipuana tipu*) con 2,35%, arce tridente (*Acer buergerianum*) con 2,21%, ciruelo de flor (*Prunus cerasifera atropurpurea*), con 1,46%, fotinia (*Photinia x fraseri*) con 1,16% y viscote (*Acacia visco*) con 1,13%.

- 4) Al igual que en el Listado Maestro anterior, una de las premisas de este nuevo Listado es el de disminuir la participación porcentual del fresno americano (*Fraxinus pennsylvanica*) e incrementar el de aquellas especies de probada aptitud en el arbolado viario, básicamente el jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), el tilo (*Tilia x moltkei*) el liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y el crespón (*Lagerstroemia indica*).

4. LOS ÁRBOLES ELEGIDOS DE LA CABA

Uno de los puntos más críticos para la correcta gestión del arbolado público viario,

de alineación o árboles de vereda, es la adecuada elección de la especie que se implantará, circunstancia que suele traer consigo el éxito o el fracaso de toda forestación urbana.

Es común observar en las áreas urbanas como el empleo de criterios inapropiados de selección o directamente la inexistencia de criterio alguno, genera situaciones de mal

aprovechamiento del restringido espacio público destinado a la arborización urbana, ya sea por una subutilización o sobre utilización del mismo.

Vale aclarar en este punto que el primer paso para el éxito en el arbolado urbano consiste en reconocer a priori cual va a ser el espacio físico que va a disponer un árbol para su crecimiento y desarrollo.

28

En este aspecto resultara fundamental evaluar el ancho de la acera y el tipo de edificación existente o permitida detrás de la línea municipal.

Una lógica elemental indica que a mayor dimensión de la acera, mayor podrá ser el tamaño final del árbol escogido, como así también existirán mayores posibilidades de empleo de ejemplares de gran tamaño en circunstancias de inexistencia actual y futura de construcciones, tal el caso de las veredas de los espacios verdes públicos, o en el caso de edificios públicos retirados de la línea de edificación.

La intención que debe primar siempre en este aspecto es la de maximizar la eficiencia en la utilización del espacio disponible mediante el empleo de especies del mayor porte posible, compatibles con la dimensión del espacio a explorar.

Efectuada una primera selección de especies

por este criterio de especialidad y magnitudes, deben pasar a considerarse los siguientes criterios de selección:

Forma: La forma básica adoptada en la gran mayoría de las situaciones responde a la denominada *globosa o esférica*, donde el árbol es conducido para desarrollar una copa con un desarrollo prácticamente similar en todos sentidos y direcciones, generando una figura que geométricamente puede asimilarse a una esfera.

No obstante debería considerarse que no es esta la única forma posible y aceptable en un árbol de vereda, que en su gran mayoría estas situaciones de logran modificando la forma natural de una especie, y que otras formas naturales pueden adaptarse mejor a algunos tipos de situaciones espaciales, sobre todo en los caso de existencia de conducciones aéreas de servicios.



2
9

Velocidad de crecimiento: También aquí resulta aconsejable optar por aquellas especies con una velocidad de crecimiento medio, dimensionado por la cantidad de años en que la especie alcanza su madurez, descartando los muy veloces por estar asociados habitualmente con una corta

longevidad, y los de baja velocidad de crecimiento por la dificultad que presentan en alcanzar rápidamente un desarrollo tal que los proteja de las agresiones del medio y por la demora con que ocuparían el espacio asignado, resignando así años de mejora en la calidad ambiental del medio.

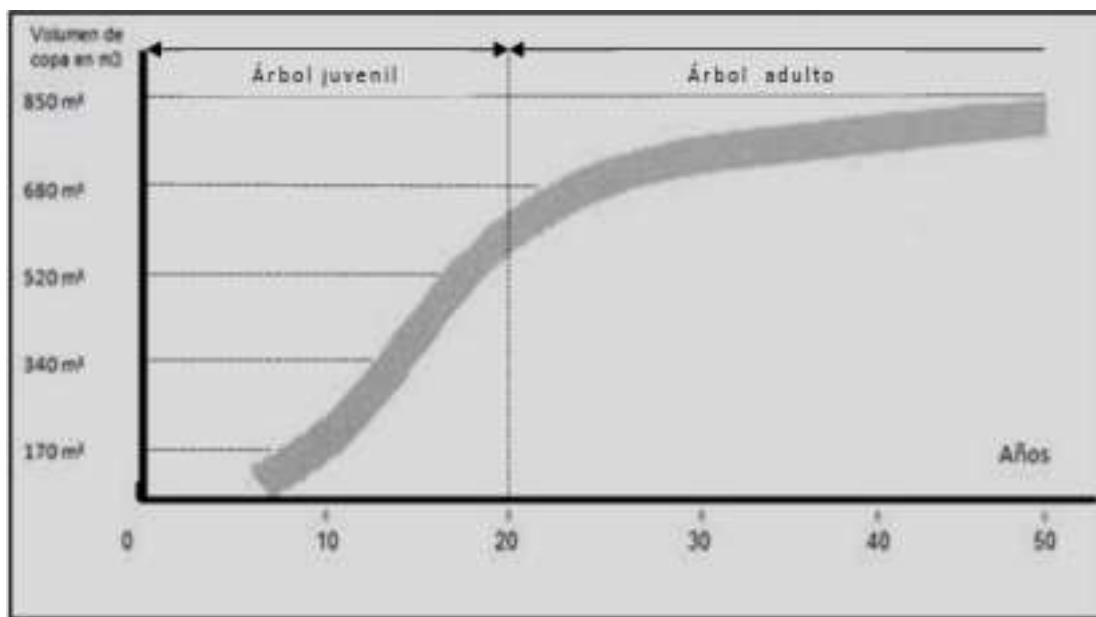
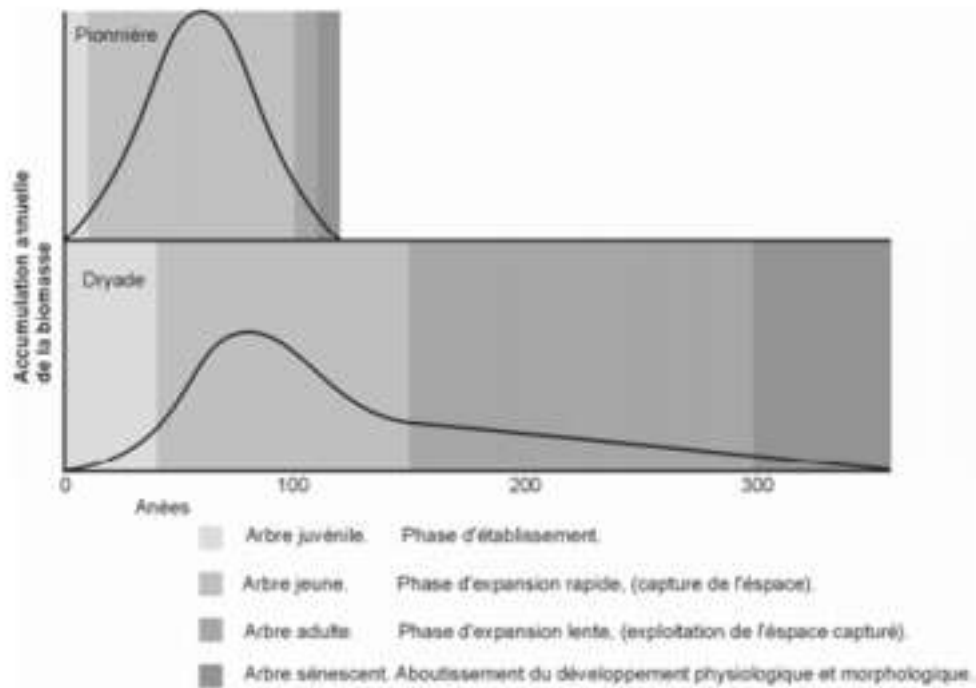


Gráfico de la velocidad de crecimiento del árbol juvenil/árbol adulto

Longevidad: Esta característica estaría indicando que período de vida útil puede estar proporcionando un árbol público de alineación hasta el momento de su reemplazo.

Lo aconsejable es el empleo de árboles de una longevidad media, entendiendo por esta a un período de entre 60 y 100 años de vida útil, ya que los de baja longevidad ocasionan importantes costos de reposición mientras que los de mayor longevidad se asocian con situaciones de crecimiento lento.



Duración de los estados de desarrollo en especies driaditas y pioneros hipotéticos.

Persistencia del follaje: En este aspecto deberá definirse previamente que tipo de sombra se requerirá en virtud de la intensidad del asoleamiento de cada situación en particular, considerando que se disponen de especies de follaje persistente, semipersistente y caducas y que la intensidad de la sombra proporcionada estará vinculada directamente con la estructura y la densidad del follaje característicos de cada especie.

Sistema radicular: Bien podría aseverarse que

prácticamente no existen especies que no ocasionen durante su desarrollo algún tipo de inconveniente por el desarrollo de su sistema radicular. Por ello deberá contemplarse la eventualidad de efectuar acciones para corregir los problemas que tal desarrollo de raíces pudiese ocasionar, y fundamentalmente descartar de plano el empleo de aquellas especies caracterizadas por un vigoroso e invasivo sistema radicular.

SISTEMAS RADICULARES



Características estructurales y mecánicas de la madera: Este aspecto se vincula directamente con el grado de riesgo que trae

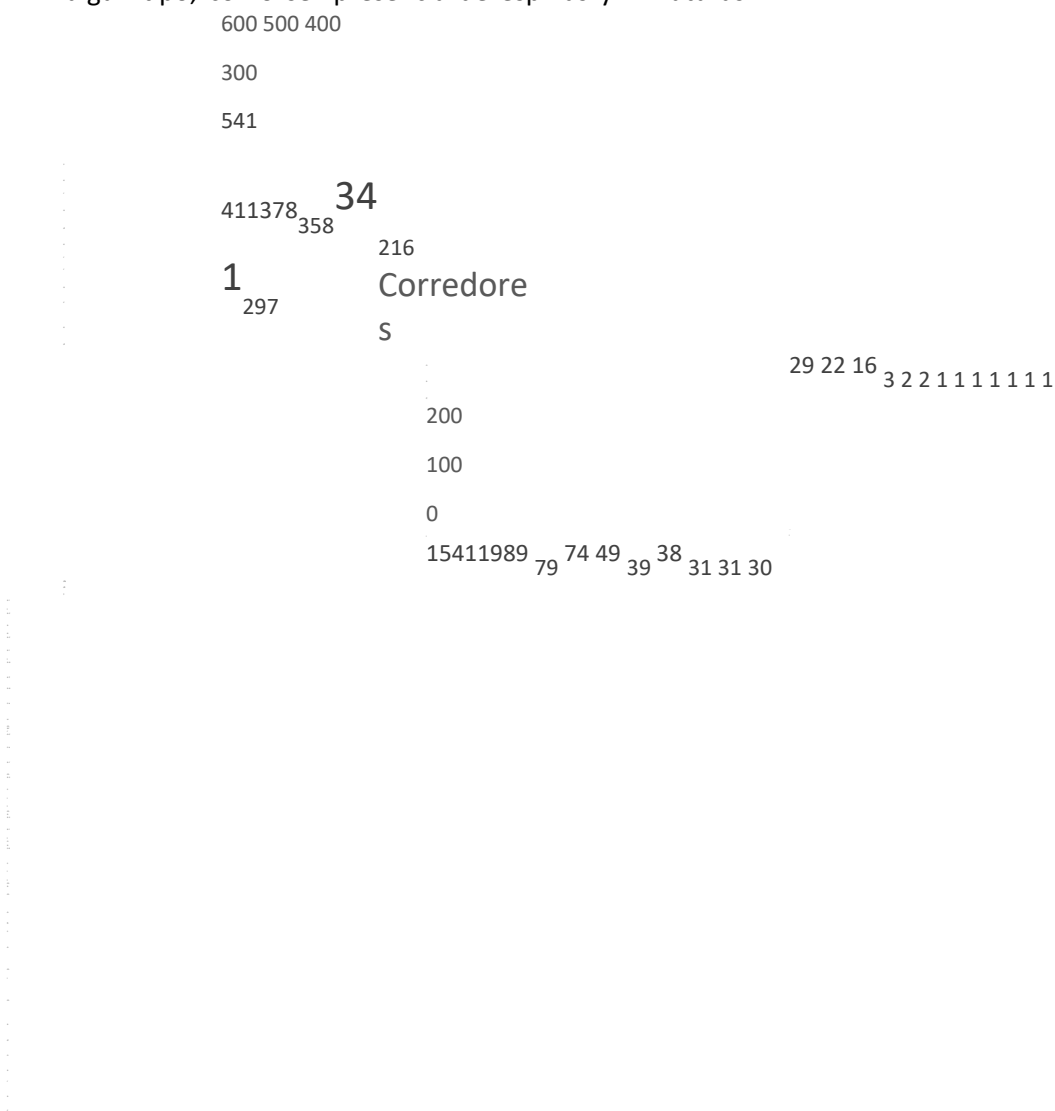
aparejado el crecimiento y desarrollo de un árbol creciendo en un medio urbano, donde puede ocasionar daños a persona y a bienes

por caída de algunas de sus partes o de su totalidad. Debe por lo tanto desalentarse el empleo de aquellas especies que presenten madera de baja resistencia mecánica a la rotura por flexión o tensión, así como también aquellas que armen sus estructuras con ramas de inserciones muy agudas o muy horizontales.

Ausencia de órganos peligrosos: El árbol de calle será fundamentalmente un árbol seguro. Por esta misma causa, así como en el punto anterior se mencionan aspectos vinculados con la fragilidad o tenacidad de ramas para evitar daños por desprendimientos, no deberían considerarse aptos para el arbolado público a aquellas especies que presenten órganos que pudiesen ocasionar daños de algún tipo, como ser presencia de espinas y

aguijones en ramas y troncos, de frutos carnosos que puedan dificultar el tránsito de peatones cuando se desprenden o que los mismos sean de tal tamaño y peso que pudiesen lastimar a alguien al desprenderse del cuerpo del árbol.

Abastecimiento: Aunque parezca elemental, debe contemplarse la disponibilidad de la o las especies seleccionadas toda vez que las campañas de forestación urbanas involucran gran cantidad de ejemplares de determinado tamaño que muchas veces no son fáciles de obtener durante la misma temporada, por lo que, como todas las acciones de plantación implican un compromiso para varias décadas en adelante, resulta imprescindible planificar previamente lo que se hará en temporadas futuras.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Especies

Distribución de los corredores proyectados.

Listado Maestro de Especies 2010/2011		Nuevo Listado Maestro de Especies 2020	
Especie/situación	Calle s	Especie/situación	Corredore s
		<i>Acacia caven</i>	1
<i>Acacia visco</i>	22	<i>Acacia visco</i>	38
<i>Acer buergerianum</i>	47	<i>Acer buergerianum</i>	74
<i>Acer saccharinum</i>	16	<i>Acer saccharinum</i>	22
<i>Bahuinia forficata</i>	102	<i>Bahuinia forficata</i>	154
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	30	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	31
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	2	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	1
<i>Catalpa bignoniodes</i>	1	<i>Catalpa bignoniodes</i>	1
<i>Cedrella fissilis</i>	1	<i>Cedrella fissilis</i>	16
		<i>Ceiba speciosa</i>	2
<i>Celtis australis</i>	2	<i>Celtis australis</i>	1
		<i>Cercis siliquastrum</i>	1
<i>Firmiana platanifolia</i>	2	<i>Firmiana platanifolia</i>	2
<i>Fraxinus excelsior aurea</i>	86	<i>Fraxinus excelsior aurea</i>	119
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	234	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	341
<i>Ginkgo biloba</i>	3	<i>Ginkgo biloba</i>	3
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	40	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	89
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	231	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	541
<i>Lagerstroemia indica</i>	308	<i>Lagerstroemia indica</i>	411
<i>Ligustrum lucidum aurea</i>	216	<i>Ligustrum lucidum aurea</i>	216
<i>Liquidambar styraciflua</i>	211	<i>Liquidambar styraciflua</i>	378
<i>Liriodendron tulipifera</i>	14	<i>Liriodendron tulipifera</i>	31

<i>Peltophorum dubium</i>	4	<i>Peltophorum dubium</i>	30
<i>Photinia x fraseri</i>	43	<i>Photinia x fraseri</i>	39
<i>Platanus x acerifolia</i>	196	<i>Platanus x acerifolia</i>	297
<i>Populus nigra</i>	1		
		<i>Prosopis alba</i>	1
<i>Prunus cerasifera atropurpurea</i>	31	<i>Prunus cerasifera atropurpurea</i>	49
		<i>Sapium haematospermum</i>	1
		<i>Senna corymbosa</i>	29
<i>Tilia x moltkei</i>	204	<i>Tilia x moltkei</i>	358
<i>Tipuana tipu</i>	52	<i>Tipuana tipu</i>	79
Cantidad de calles	2099	Cantidad de corredores aptos	3356
Cantidad de especies	26	Cantidad de especies	31

5. PLAN DE ACCIÓN PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS

Programa de reforestación.

Según los últimos datos censales (2017/2108) la Ciudad de Buenos Aires tiene en sus calles y avenidas algo más de 370.000 ejemplares viarios o de alineación, y decimos ejemplares y no árboles porque dentro de ese universo encontramos otro tipo de vegetación como ser palmeras, arbustos, herbáceas, etc., por lo que en este caso el valor que tiene significancia es la existencia de 370.000 sitios de plantación en apariencia aptos para sostener arbolado público.

Y aquí es otra vez donde debe efectuarse una aclaración importante: no todos los sitios de

plantación son aptos por su ubicación ya que, por ejemplo, muchos de estos se encuentran ubicados dentro del denominado polígono de seguridad (figura geométrica conformada por la prolongación de las ochavas) que por obvias razones debe quedar despejada para garantizar la transitabilidad segura.

En otras palabras, del total de ejemplares presentes en las veredas de la ciudad, aproximadamente el 74% corresponden a especies aptas para su empleo en el viario, un 8% estaría conformado por un grupo de árboles que se han discontinuado en su empleo por ser inconvenientes, mientras que el 18% se halla constituido por especies no aptas, incluyéndose aquí tanto a árboles como a otro tipo de vegetación.

Categoría	Cantidad especies	Cantidad ejemplares	%
Árboles Básicos ¹	20	239.356	64,66%
Árboles Complementarios ²	16	1.655	0,45%
Árboles No Conflictivos ³	58	33.387	9,02%
Árboles Nativos ⁴	14	569	0,15%
Árboles Latifoliados no Aptos ⁵	123	42.669	11,53%
Árboles Coníferos (no aptos) ⁶	50	1.632	0,44%
Árboles discontinuados (no aptos) ⁷	10	29.385	7,94%
Arbustos (no aptos) ⁸	99	6.936	1,87%
Palmeras y similares (no aptos) ⁹	36	5.180	1,40%
No identificados (no aptos)		9.411	2,54%
Totales	426	370.180	100,00%

¹ Conjunto formado por las 20 especies definidas como aptas y que constituyen la base del arbolado de alineación o viario.

34

² Grupo de 16 especies aptas pero que solo son empleadas en situaciones puntuales y que no se incrementarán

³ Árboles que no generan inconvenientes, que tienen una parcial aptitud para el arbolado viario y que por lo tanto se pretende preservar

⁴ Especies autóctonas que no son empleadas en la actualidad pero cuya evaluación posibilitara incluirlas en el grupo de especies aptas o no aptas.

⁵ Ejemplares que por sus características ocasionan o pueden ocasionar situaciones que comprometan la seguridad o que generen daños y/o inconvenientes que ameriten

tratamientos extraordinarios que no son corrientes en la gestión del arbolado urbano.

⁶ Especies que por sus características no se las considera aptas para el arbolado viario, ya sea por estructura, tamaño, características del follaje, frutos voluminosos, etc.

⁷ Son aquellas especies que fueron utilizadas en otros tiempos, pasados e incluso recientes, que por diversas razones no se las considera seguras y/o aptas para constituir el arbolado viario por lo que se las ha dejado de cultivar.

⁸ Por su estructura, tamaño, longevidad y reducidos beneficios ecosistémicos, los arbustos no son considerados como elemento constitutivos del arbolado urbano viario.

⁹ Los servicios ambientales del arbolado urbano están vinculados a las características estructurales de los mismos, por lo que las palmeras quedan exceptuadas de lo que se denominan especies aptas.

Se conoce también que la capacidad de soportar arbolado viaria es finita y que se alcanzaría una cobertura total de la ciudad si los actuales 370.000 sitios de plantación fuesen llevados a alrededor de 440.000, cifra esta que surge de dos análisis diferentes que se efectuaron y que arrojaron datos coincidentes: una estimación considerando las características urbanas y otra, de mayor precisión efectuado durante el Censo 2010/2011 donde se relevaron los sitios potenciales para incorporar nuevos árboles.

Este programa contempla entonces la incorporación de 70.000 nuevos árboles viarios para lo cual será necesario:

- Utilizar las planteras vacías aún existentes
- Recuperar aquellas que fueron inhabilitadas
- Construir nuevas planteras.

Esta tarea, se efectuaría en forma progresiva durante un período no menor a 4 años, procurando llegar al cabo de los mismos a la plena ocupación de la totalidad de los espacios aptos para plantación de arbolado viario en toda la ciudad.

Cuando la implementación del Plan Maestro haya concluido, la composición florística, sin considerar las especies complementarias y excepcionales, sino solo las básicas, quedaría conformado de la siguiente manera:

Nombre científico	Nombre común	Cuadras
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	4110
<i>Tilia x moltkei</i>	Tilo	3224
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	3221
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno americano	2347

<i>Platanus x acerifolia</i>	Plátano	2241
<i>Lagerstroemia indica</i>	Crespón	1686
<i>Bahuinia forficata</i>	Pata de buey	856
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Lapacho rosado	762
<i>Ligustrum lucidum aurea</i>	Ligustro disciplinado	696
<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	557
<i>Acer buergerianum</i>	Arce tridente	522
<i>Fraxinus excelsior aurea</i>	Fresno dorado	433
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Anacahuita	265
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Tulipanero	253
<i>Peltophorum dubium</i>	Ibirá-pitá	243
<i>Acer saccharinum</i>	Arce plateado	236
<i>Photinia frazeri</i>	Fotinia	196
<i>Acacia visco</i>	Viscote	185
<i>Prunus cerasifera atropurpurea</i>	Ciruelo de flor	106
<i>Cedrella fissilis</i>	Cedro misionero	97

Programa de recambio de especies por comuna.

Como se ha manifestado en el programa que precede, existe una importantísima cantidad de ejemplares botánicos no aptos y/o inconvenientes para el arbolado viario, los cuales deberían ir siendo reemplazados en forma paulatina, una vez finalizado el completamiento del total de las planteras activas o potenciales.

El procedimiento deberá priorizar aquellos ejemplares que por su estado o situación ameriten su reemplazo, mientras que podrán

perdurar, hasta el final de su vida útil, aquellos que sin ser aptos, no generen inconvenientes ni gastos superfluos.

Quedan exceptuadas de esta situación aquellos árboles que requieran de intervenciones mayores y que puedan volver repetirse en el tiempo, tal el caso del corte de raíces en ejemplares de los géneros *Ficus*, *Populus*, *Salix*, *Ceiba*, etc., en cuyo caso se deberá optar por su retiro y reemplazo inmediato por la especie definida en el Listado Maestro.

También deberá contemplarse que en situaciones donde los reemplazos deban ser

numerosos, el establecer una etapabilidad en los retiros, en base a la evaluación de su coeficiente de seguridad, de modo tal de no

provocar el despoblamiento masivo del sector.

36

Este programa deberá elaborarse, comuna por comuna, calle por calle, especie por especie, evitando generar el impacto que una

deforestación masiva pudiese provocar en la calidad ambiental urbana.

Programa de adecuación de planteras.

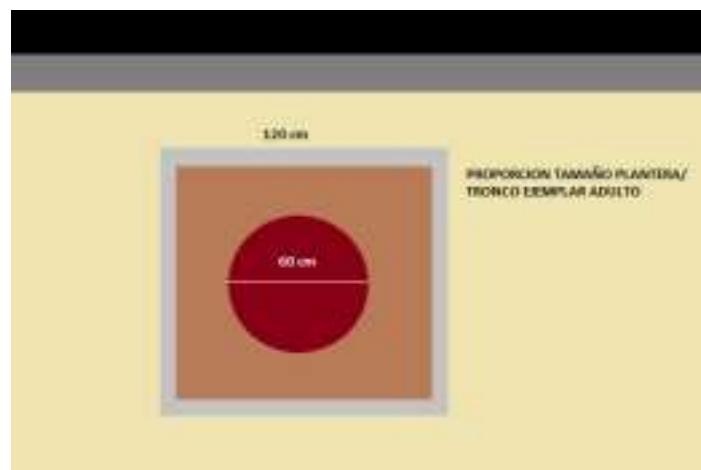
Debe tenerse en consideración que las planteras son los elementos básicos y fundamentales que posibilitan la existencia del arbolado viario por lo que reviste fundamental importancia su cuidado, tratamiento y preservación ya que sin ellas no tendríamos árboles.

Muchas son las circunstancias por las que deberá encararse un programa gradual y continuo de adecuación de planteras.

Algunas de las principales causas se remontan al momento de plantación donde la misma se efectivizó sobre una plantera que no poseía las dimensiones apropiadas para albergar al

ejemplar en su futuro crecimiento o en una ubicación inadecuada, mientras que otras fueron modificaciones posteriores que generalmente fueron encaradas en forma privada por los frentistas.

Como regla general a tener en cuenta en el dimensionamiento de cada plantera deberá considerarse el diámetro basal que puede alcanzar en ejemplar de la especie implantada en el momento de su madurez, por lo que el tamaño de cada una de ellas deberá ser al menos duplicar esa dimensión, por ejemplo una especie que en promedio alcance los 60 cm de diámetro en su estado adulto o de madurez, debería ubicarse en una plantera que tuviese un mínimo de 120 cm de lado.



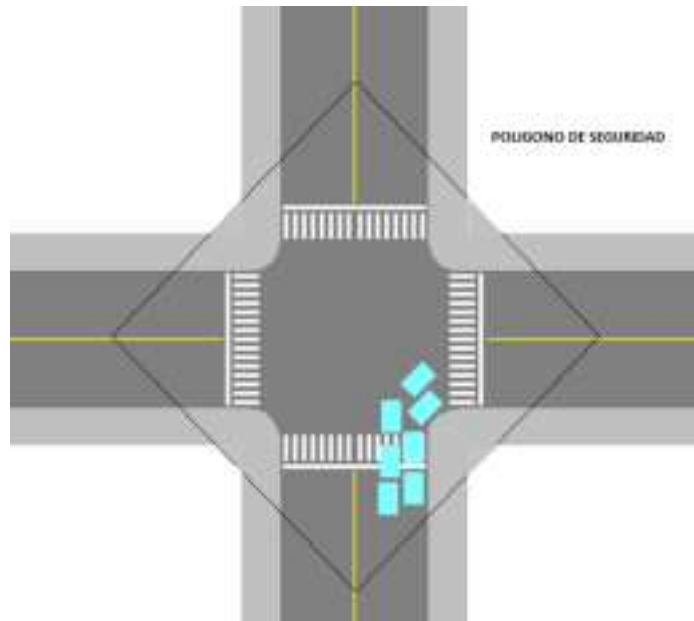
Proporción entre tamaño adulto tronco y dimensión de plantera.

Planteras mal ubicadas.

Esta situación involucra a aquellas planteras que se encuentran ubicadas dentro del denominado “polígono de seguridad” que es

el área conformada por la intersección de la prolongación virtual de las ochavas de un cruce de calles y que debe mantenerse lo más libre posible de obstrucciones visuales para prevenir accidentes.

37



Esquema del Polígono de seguridad.

Al respecto vale mencionar que esta limitante no fue tomada en consideración en las antiguas plantaciones, supuestamente porque el tránsito vehicular no tenía las características del actual, por lo que subsisten numerosos ejemplares maduros y en muy buen estado en estas localizaciones, por lo que deberá preverse que al momento de producirse su remoción, por haber llegado al fin de su vida útil o por considerárselo inconveniente para la seguridad vial, la plantera que lo albergaba

deberá ser anulada.

Otro grupo de planteras mal ubicadas lo constituyen aquellas que se encuentran fuera de la alineación normal de plantación que se referencia con el cordón granítico o el cordón cuneta, producto algunas veces de reducciones de calzada y otras de planteras mal construidas, por lo que se encuentran desalineadas constituyendo a veces dificultades para el tránsito peatonal.



Planteras fuera de línea.

38

Para estas situaciones, al igual que en el caso anterior, se deberá esperar su retiro al cumplirse su vida útil a menos que el ejemplar constituya un serio inconveniente circulatorio. En todos los casos, producida la extracción del ejemplar, la plantera deberá ser anulada y reemplazada, cuando la espacialidad lo permita, por una nueva ubicada según los lineamientos convencionales.

Finalmente, dentro de estas ubicaciones incorrectas se encuentran aquellas posiciones que están sumamente próximas a ejemplares vecinos por lo que se generan inconvenientes en el desarrollo de los mismos. En esta situación, deberá priorizarse un correcto distanciamiento entre individuos por lo que al producirse la vacancia de una plantera que se presente estas características de proximidad, la misma debería ser suprimida.

Planteras dañadas, reducidas, excéntricas.

Este subgrupo incluye una cantidad importante de planteras inadecuadas por múltiples circunstancias entre las que se incluye aquellas que se encuentran deterioradas por razones diversas, otras que fueron originalmente concebidas con dimensiones exiguas y que pueden llegar a dañar el crecimiento del cuello de la raíz, a la vez que presentan una superficie muy reducida para la captación de agua e

intercambio gaseoso y aquellas que , generalmente por existencia de restos subterráneos de diverso origen, albergan un nuevo ejemplar descentrado con respecto al formato de la plantera.

En todos los casos lo apropiado es adecuar la plantera a la situación y condiciones del ejemplar, garantizando la transitabilidad peatonal, prescindiendo incluso del tamaño y/o formato convencional de las mismas.



Ejemplar plantado en forma excéntrica por cepa existente

Planteras elevadas.

Finalmente este grupo sea tal vez el más amplio y el que más inconvenientes podrá ocasionar en su adecuación.

Incluye una proporción importante de planteras (en el censo 2010/2011 representaba el 22% del total) en la que los vecinos fueron construyendo bordes, enrejados, y todo otro tipo de estructuras que no solo obstaculiza el escurrimiento del agua

de lluvia hacia el interior de la plantera sino que también en algunos casos puede llegar a afectar la sanidad del árbol al efectuar rellenos con tierra por sobre el nivel del cuello de la raíz, sin mencionar además que generan obstáculos para la circulación e incluso el ascenso y descenso de personas hacia y desde vehículos.



Plantera estándar

La situación es aún más compleja en el caso de aquellas planteras elevadas que fueron plantadas a ese nivel y que cuando se regularizan las veredas, demoliendo las construcciones fuera de norma, los ejemplares quedan sobreelevados sobre una masa de raíces y suelo que no puede ser

removido sin afectarlos en su estabilidad.

La tarea será ardua en poder llegar a normalizar la totalidad del universo de planteras irregulares, pero además será necesario considerar un formato de comunicación que llegue a todos los vecinos desalentando la construcción de estas estructuras que nada aportan al ejemplar ni al espacio público, sino que por el contrario perjudican a ambos.





Planteras fuera de normativa.

6. LINEAMIENTOS TÉCNICOS (MANUALES)

Actualización manual de procedimiento para la plantación de árboles.

Los árboles son, fueron y seguirán siendo importantes para nuestra vida. Mientras la mayor parte de la humanidad vive en entornos urbanos, el bosque urbano se ha convertido en un componente clave de la infraestructura verde que hace a los lugares mejores para trabajar y sentirse mejor.

Los árboles son parte de la solución para algunos de los desafíos clave de nuestra época, desde el cambio climático a la disminución de la salud y bienestar.

Los árboles contribuyen para restaurar el equilibrio ambiental y social en nuestros barrios y centros urbanos, y a menudo

pueden hacerlo de manera más económica y saludable que con algunas formas tradicionales de infraestructura.

Tomando como ejemplo la gestión de aguas pluviales, el acondicionamiento térmico urbano, la mejora de la calidad del aire y su aporte estético, ningún elemento o sistema creado por el hombre podrá superar lo que el bosque urbano puede ofrecer.

La silvicultura urbana es un término utilizado internacionalmente para enfatizar cuán importante es que los árboles urbanos sean gestionados en su conjunto para traer el máximo beneficio social, económico y ambiental para la comunidad.

41

Soluciones técnicas en el diseño de los sitios de plantación.

Existen en la actualidad innumerables manuales y protocolos de plantación que tienen por objetivo el proporcionar los lineamientos adecuados para mejorar las características y condiciones de los sitios de plantación y que varían en algunos aspectos, dependiendo de las condiciones del lugar e incluso de la sociedad, ya que de ella dependerá en gran parte la protección que se le brinde a los jóvenes árboles hasta que se

logre su implantación definitiva.

Los árboles son organismos vivos, predecir y controlar su comportamiento con plena certeza no es posible.

Sin embargo, una mejor comprensión del ciclo de vida y sus requerimientos es de suma importancia para permitir el diseño de opciones que permiten una buena compatibilidad con la infraestructura

circundante.

Partiendo de la premisa de que las ciudades en general presentan condiciones que no son las mejores para el crecimiento y desarrollo del bosque urbano, se plantean una serie de condiciones que de ser consideradas podrían mejorar las características de los sitios de plantación. Ellas son:

Terminología

El término "plantera" es el que se adopta en nuestro medio para referirse al espacio creado para incorporar árboles en áreas pavimentadas.

Dependiendo de las circunstancias, podría aplicarse a:

- Diseño conceptual: esto significa tener en consideración las especificaciones pertinentes para la instalación, mantenimiento y reparación de los servicios públicos subterráneos en proximidad a los árboles, garantizar las estrategias de drenaje para evitar estancamientos indeseables, y cumplimiento de los requisitos de carga para evitar

sobrecompactaciones.

- Diseño detallado: esto implica el establecer patrones de diseño, tanto en lo constructivo como en la especificación de los sustratos a emplear para garantizar un entorno de enraizamiento de árboles lo más apropiado posible.

Los beneficios que pueden obtenerse de una planificación apropiada serían:

- Lograr una infraestructura de mejor rendimiento mediante una combinación exitosa entre componentes verdes (naturales) y grises (diseñados).
- Disminuir los costos de mantenimiento de infraestructura.
- Incrementar la longevidad del bosque urbano.
- La abertura creada sobre una superficie pavimentada para posibilitar la implantación del árbol.
- El hoyo de plantación a practicarse sobre una superficie constituida por suelo absorbente donde se implantará un nuevo árbol.

En ambos casos involucrará también al volumen de enraizamiento o entorno, es decir, el área más amplia de suelo o sustrato que las raíces podrán explorar para asegurar el crecimiento del árbol.

El término plantera también puede resultar

42
engañoso, ya que transmite la imagen de un espacio confinado, que no es una representación precisa de lo que el árbol necesita para crecer y desarrollar mientras mantiene una aceptable compatibilidad con la infraestructura circundante.

La importancia de la longevidad y su relación con las raíces.

Un árbol plantado es una promesa. Es a través de su crecimiento en el tiempo que un árbol puede cumplir con su potencial para ofrecer

su gama completa de beneficios y, a través de estos, un retorno de la inversión que su cuidado y mantenimiento implica.

Como tal, los árboles tienen un ciclo de vida muy diferente al de los otros elementos del espacio público: su valor aumenta con el tiempo.

Para maximizar los rendimientos, tanto el diseño como la gestión necesitan reconocer este proceso de apreciación de valor inusual.

Esto debe involucrar:

- Contemplar las cambiantes necesidades y de tamaño del árbol con el paso del tiempo para elaborar diseños acordes a tal situación.
- Adoptar un enfoque estratégico para el manejo de los costos que implica su mantenimiento.
- Empleo de árboles grandes, medianos y pequeños para contemplar las distintas situaciones urbanas.

Los árboles alcanzarán su punto máximo en diferentes periodos.

Por ejemplo, el crecimiento de un árbol grande y longevo como un plátano (*Platanus x acerifolia*) tiene la capacidad de proporcionar beneficios significativos durante un largo período de tiempo y esta capacidad

de los árboles para suministrar estos beneficios debe tenerse en cuenta en las evaluaciones de valor que se efectúen.

El costo total del ciclo de vida de un árbol y los beneficios netos generados son probables de ser mayores si se realizan inversiones en una etapa temprana como ser:

- Seleccionar especies que tengan la capacidad genética de sobrevivir en zonas urbanas de condiciones adversas.
- Suministrar el tipo y volumen adecuado de sustrato para asegurar su crecimiento
- Proporcionar una adecuada protección de superficie.
- Proporcionar un adecuado mantenimiento post-plantación, incluyendo poda formativa adecuada que aborde la corrección y ajuste de la estructura de las ramas, cuando es menos costoso hacerlo e implica menos costo biológico para el ejemplar.

Cuanto mayores sean las condiciones propicias al desarrollo que se le proporcionen a un árbol joven, mayores son las posibilidades de que el árbol tenga éxito de alcanzar su implantación y arraigo para después cumplir su potencial sin alterar la infraestructura circundante.

El acceso de la raíz al oxígeno es vital.

43

Es de conocimiento común que, como otras plantas, los árboles requieren agua, nutrientes y de un espacio apropiado, pero lo que es menos conocido es su necesidad de contar con una buena aireación del suelo.

No importa cuán pródigo en nutrientes y humedad pueda ser el suelo, ya que si carece de huecos (es decir, poros del suelo) y oxígeno, las raíces de los árboles no podrán absorber el agua y los nutrientes que el suelo contiene.

Cuando los niveles de oxígeno están por

debajo del 10%, las raíces de los árboles dejan de crecer y pierden su capacidad de proteger el árbol contra gases nocivos presentes en el suelo.

En situaciones complejas, tal como las que soportan los árboles viarios que crecen sobre superficies impermeabilizadas, la aireación del suelo puede estar gravemente comprometida:

- Por suelo sellado con materiales impermeables en superficie que evitan el intercambio de gases entre

la atmósfera y el subsuelo, impidiendo el ingreso de oxígeno e imposibilitando la salida de dióxido de carbono producido por las raíces, quedando atrapado bajo tierra.

- Por mal drenaje y niveles freáticos altos.
- Por la compactación del suelo que también compromete el intercambio de gases.

Volumen de enraizamiento.

Junto con la aireación del suelo, el proporcionar un volumen de enraizamiento adecuado es la otra condición fundamental para asegurar una cohabitación saludable entre árboles e infraestructura urbana.

Las estrategias para lograr un enraizamiento adecuado incluye:

proporcionar los beneficios esperados ni el retorno de la inversión que los árboles maduros y sanos proporcionan.

- Daños a la infraestructura: las raíces de los árboles solo pueden crecer en el espacio donde el aire está presente, lo que en entornos urbanos a menudo significará el ubicado entre el suelo compactado y el los materiales de superficie (es decir, la sub-base de la acera) o a lo largo de tuberías de servicios públicos.

Es probable que esto aumente el riesgo futuro de conflicto con estas estructuras. El comprender y prever la necesidad de aireación del suelo constituye un hito importante para mejorar la capacidad de árboles e infraestructura para compartir un mismo espacio.

Bajo tales circunstancias, dos escenarios son probables:

- Declinación temprana y muerte de los árboles: el nuevo árbol plantado seguirá creciendo a un ritmo lento hasta que sus raíces hayan llenado el hoyo de plantación original. Cuando las necesidades del árbol exceden la capacidad del suelo, comenzará a declinar su salud y vitalidad. El árbol eventualmente morirá sin
 - Estimación del volumen de enraizamiento requerido al principio del proceso.
 - Expandir tanto como sea posible el entorno de enraizamiento debajo del pavimento utilizando sustratos de plantación adecuados.
- 44
- Plantar árboles en una franja continua, permitiendo que las raíces se extiendan en el espacio entre árboles. Para ser efectivo, el ancho de la franja debe exceder y ser proporcional al tamaño de los cepellones de los árboles por plantarse.
 - Previsión para conectar y explorar áreas adyacentes de suelo absorbente. Los árboles plantados en áreas duras, a menudo están en proximidad,

aunque no inmediata, con áreas de césped o zonas de suelo absorbente vegetadas. La intención es la de generar canales que vinculen a las raíces del ejemplar con esas superficies.

A menudo se piensa que la capa superior del suelo es "mejor para el árbol". Esto es un error. Una de las características principales que diferencian la capa superior del suelo de

otros horizontes del suelo es la presencia de una intensa actividad microbiana que es, altamente beneficiosa para la vida, incluidas las raíces de los árboles.

Esta actividad microbiana benéfica, requiera de oxígeno y cuando los suministros de oxígeno no son suficientes, las bacterias anaerobias nocivas se hacen cargo.

En situaciones difíciles, la mayor parte del ambiente de enraizamiento de los árboles está debajo de superficies impermeable y el acceso al oxígeno dependerá de los niveles de compactación del suelo y de la provisión de un sistema de aireación.

Por otra parte, la escasez de agua acorta la vida útil y el crecimiento del árbol pero en demasía crea condiciones anaeróbicas que son letales para las raíces. El ambiente para el cultivo de árboles por lo tanto necesita facilitar la infiltración de agua, su retención y drenaje.

Los sitios de plantación urbanos son en su mayoría impermeables y muy poca agua se infiltra en el suelo. Incluso cuando hay humedad presente, la compactación del suelo limita aún más la cantidad de agua disponible para el árbol, ya que los huecos entre las partículas del suelo disminuyen y es mayor la tensión superficial que retiene el agua en su lugar.

Como resultado, en suelos altamente compactados, las raíces no lograrán usar la poca agua presente.

La yuxtaposición de suelos de muy diferentes texturas típicamente encontradas en áreas urbanas evita la filtración uniforme de agua. Esto se incrementa:

- Cuando se emplea relleno de alta calidad dentro del hoyo de plantación en contraste con el suelo circundante. La discrepancia conduce a un "efecto de maceta" por el cual el agua se acumula en el fondo del hoyo y genera condiciones nocivas de anaerobiosis.
- Cuando se emplean geotextiles, geomembranas y otras barreras en el entorno arbóreo.

Y se puede mejorar o mitigar a través de:

- El aumento del tamaño del hoyado en la superficie

- Limitando los desequilibrios del suelo que podrían interferir con la filtración de agua.
- Utilizando materiales de superficie permeables que faciliten la infiltración de agua y / o conduzcan la escorrentía de agua superficial hacia el hoyo del árbol.

Una serie de opciones de diseño para el ambiente sobre el suelo también puede tener un impacto significativo en la salud y crecimiento del árbol. Éstas incluyen:

- El tamaño de la plantera.

- La naturaleza de la superficie del entorno inmediato rodeando la base del árbol.

Apertura de la plantera

El dimensionamiento adecuado de la plantera ayudará a facilitar la infiltración del agua y la aireación del suelo.

El impacto potencialmente adverso sobre el

intercambio gaseoso debido a una superficie restringida puede ser compensado por la

Superficie en la base del árbol.

Las opciones de tratamiento de superficie y borde desempeñan un papel igualmente importante al permitir la infiltración del agua, facilitando su ingreso, su retención y el intercambio de gases en el subsuelo. Los

tratamientos de superficie y opciones de borde también pueden ayudar a proteger el suelo de la compactación por tránsito peatonal.

El uso de la superficie será el primer indicador de las opciones de tratamiento de superficie, así como el costo, vida útil y requisitos de mantenimiento a largo plazo y facilidad de limpieza de calles.

Proporcionando un mantenimiento adecuado le tomará algunos años a los árboles recién plantados el establecer raíces estabilizadoras y un anclaje adecuado, por lo que un tutorado efectivo y transitorio es necesario para árboles jóvenes.

Se debe tener en cuenta que un movimiento leve puede estimular el crecimiento radicular y es esencial para que el árbol desarrolle un enraizamiento adecuado, con buen anclaje y resistencia, pero que movimientos fuertes y

- Protección de la corteza de los árboles contra lesiones.
- Brindar apoyo para evitar desestabilización.

provisión de un sistema de aireación, aunque no es una práctica habitual en nuestro medio.

La apertura debe siempre estar diseñada para acomodar el crecimiento del radial del tronco

en el tiempo sin causar lesiones.

abruptos pueden llegar a interrumpir el crecimiento radicular en árboles jóvenes.

Los elementos empleados por lo tanto no deben inhibir oscilaciones suaves del árbol, pero si evitar las bruscas. Esto podría ser proporcionado mediante:

- Estacas de madera hincadas en el suelo con ataduras elásticas que deben permitir que el árbol aumente de diámetro sin ser estrangulado.
- Anclaje subterráneo de terrón, cuyo mayor beneficio es el que soportan el cepellón firmemente en el suelo y son completamente invisibles una vez que el árbol ha sido plantado. Sin embargo, este sistema requiere más conocimiento y habilidades para la instalación y solo puede ser usado con un cepellón sano mayor de 150 litros ya que pierde eficacia con cepellones o terrones más pequeños. Una vez instalado este sistema no necesita ser eliminado y puede permanecer en el suelo. En la práctica solo debería pensarse en su utilización para la plantación de semi ejemplares en espacios verdes.

Protección de la corteza del árbol.

Mantener la integridad de la corteza y la capa exterior del tronco de un árbol es esencial para su supervivencia. El floema, capa de tejido ubicada inmediatamente por debajo de la corteza, es responsable de transportar alimentos producidos a través de la fotosíntesis en las hojas hacia las raíces. Sin esta nutrición, las raíces finalmente mueren y

dejan de enviar agua y minerales de vuelta a las hojas, por lo que resulta importante el manejo cuidadoso por parte del personal o

Actualización manual de intervención en raíces Introducción.

Las raíces son habitualmente la parte

olvidada del árbol. Generalmente constituyen entre la tercera y la quinta parte del peso seco total del árbol y su expansión se extiende hasta tres veces del borde de la línea de goteo.

Las funciones de las raíces son básicamente el sostener al árbol erguido, almacenar reservas, producir reguladores del crecimiento y absorber agua y minerales. Su distribución y profundidad son controladas

contratista responsable de la entrega, almacenamiento y plantación del árbol.

En espacios reducidos, áreas de alto tránsito y áreas intervenidas con maquinarias, puede ser necesario proporcionar protección para la corteza del árbol, especialmente cuando el mismo es joven ya que la corteza es más

delgada y más fácil de dañar. Esto podría involucrar el uso de protección temporal de envoltura de arpillera, cañas, mallas plásticas o estructuras metálicas.

por factores genéticos propios del árbol, el tipo de suelo y el drenaje.

Las raíces principales de sostén, también denominadas estructurales, pueden ser desviadas por situaciones tales como presencia de rocas, cimientos, redes de servicios subterráneos, etc. reduciendo la uniformidad de la distribución del sistema radicular y por ende disminuyendo la estabilidad del árbol.

Los envases de viveros reducidos o la poda de raíces mal ejecutada pueden también contribuir a deformar los sistemas radiculares, dando lugar a arboles inestables con tendencia al vuelco, del mismo modo, que las raíces severamente dañadas durante las construcciones o el tendido y mantenimiento de instalaciones subterráneas, pueden derivar en la

inestabilidad del árbol debido a la pérdida de soporte, la pudrición o aparición de defectos internos.

Por regla general, los arboles pueden convertirse en inestables si pierden más de un tercio de las raíces de soporte principales o sufren un proceso de decaimiento, deterioro o pudrición, considerándose que

una raíz dejó de ser estructuralmente funcional cuando tiene un porcentaje de madera sana inferior a $\frac{1}{6}$ de su diámetro.

Es interesante destacar también que el daño a las raíces estructurales dentro de un rango de hasta 150 cm del perímetro del tronco puede derivar en una declinación de la salud

del ejemplar. Más importante aún, algunos árboles dañados en esta área no muestran síntomas de deterioro inmediato, sino que van deteriorándose y debilitándose por las grietas que se forman como resultado de la lesión.

Uno de los principales problemas que plantea el arbolado viario, a su vez el menos discutido y tratado por ser el menos

evidenciado es el conflicto permanente entre raíces, servicios y construcciones.

Cotidianamente se efectúan innumerables aperturas en la vía pública, tanto en aceras como calzadas, de resultados de las cuales se provocan daños, generalmente irreversibles, en el sistema radicular de los árboles, afectando principalmente las raíces estructurales que constituyen la base del sostén de los mismos, las cuales son habitualmente dañadas y/o eliminadas en gran proporción, originando el debilitamiento del sistema que soporta erguida a toda la estructura aérea del ejemplar, llegando incluso a la situación extrema de producirse su caída.

Plátano caído en Avda. San Martín 1881. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En contrapartida, ejemplares sobredimensionados creciendo en sectores con un escaso volumen de sustrato adecuado para el desarrollo de sus raíces ocasiona que estas se desarrollen más superficialmente que lo habitual ocasionando daños y conflictos en aceras y

pavimentos lo que ocasiona importantes

gastos para subsanar estos inconvenientes, los que muchas veces son, al igual que en el caso anterior, generadores de situaciones de riesgo y/o accidentes.

Si bien en nuestro medio el tema no ha sido demasiado investigado, existen algunas

soluciones que deberían tratar de ser experimentadas con el triple propósito de: · garantizar la seguridad pública, · mejorar las condiciones de crecimiento de los árboles viarios y

La importancia del suelo.

Los grandes árboles que hoy se encuentran

en muchas ciudades se establecieron generalmente bajo condiciones de crecimiento completamente diferentes a las existentes en la actualidad.

Los árboles añosos han estado creciendo y desarrollando durante mucho tiempo en una época donde los pavimentos se construían en forma muy diferente a la

empleada en la actualidad. Las raíces podían entonces satisfacer más fácilmente sus necesidades con ese tipo de pavimentos que con los actuales recubrimientos de superficie, extremadamente compactos y densos, siendo esta una de las posibles explicaciones del por qué algunos árboles parecen 'prosperar' en entornos pavimentados.

Debe también considerarse que los efectos de los cambios en la estructura del suelo sólo aparecen en los árboles maduros después de 10 o 20 años y en algunos casos el daño a las raíces puede no causar efectos visibles en la copa del árbol.

No es circunstancial ni debe sorprender el hecho de que los árboles tengan en la actualidad severas dificultades para crecer, desarrollar y sobrevivir en ambientes urbanos y suburbanos, ya que los mismos rara vez fueron diseñados pensando en los árboles, sino más bien estos fueron incorporados posteriormente en un ámbito pensado y construido para vehículos, peatones, edificios, carreteras, aceras y servicios públicos.

- disminuir los costos que su mantenimiento implica.

Estudios recientes indican que los árboles en las zonas urbanas y especialmente en las

áreas menos residenciales viven un promedio de 20-30 años (Nowak, D J, et al. "Tree mortality rates and tree population projections in Baltimore, Maryland. USA" Urban Forestry and Urban Greening (2004) 139-147), mientras que las mismas especies podrían vivir y desarrollar durante mucho más tiempo en un ambiente natural.

Los suelos urbanos son el resultado de las modificaciones que han soportado a lo largo de su historia. No son fértiles, ni profundos, ni esponjosos ni bien drenados. En la mayoría de situaciones, habrán sido compactados para alojar construcciones, instalaciones o pavimentos.

Lo más probable al intervenir sobre suelos urbanos consolidados es que estos presenten una gran heterogeneidad de materiales, siendo las cualidades propias más afectadas las vinculadas con la indispensable aireación y circulación de agua. Desaparece por completo el horizonte orgánico y la estructura original, por lo que en realidad no correspondería denominarlos como suelos en el sentido agronómico del término.

Los árboles urbanos deben enfrentarse con importantes restricciones y desafíos ambientales tales como el aumento del calor, la contaminación del suelo y del aire, y las interferencias de los servicios públicos, vehículos, edificios, equipamiento urbano, etc., no obstante lo cual el principal inconveniente que deben sortear los árboles es la escasez de suelo adecuado

para el crecimiento de las raíces y lo reducido de su volumen.

Muchos de los problemas que deben sortear los árboles urbanos pueden ser atenuados mediante la elección de especies que toleran una determinada situación desventajosa aunque no existen especies

que puedan tolerar una compactación extrema del suelo.

En sentido contrario, un gran volumen de suelo no compactado, con un drenaje y aireación adecuados, y una fertilidad razonable, es la clave para el crecimiento saludable de los árboles urbanos.

La inversión inicial en la elaboración de un suelo adecuado para sostener un árbol

hábitat para la vida silvestre y creación de identidad urbana.

El volumen del suelo en el crecimiento del árbol.

Las actividades humanas por lo general dañan o destruyen la estructura del suelo.

En síntesis un volumen adecuado del suelo es fundamental para el crecimiento y desarrollo adecuado de los árboles, ya que de otro modo, cuando los suelos son inadecuados, el crecimiento se ralentiza y los árboles desarrollan poco o mueren prematuramente.

Durante los procesos constructivos urbanos, o inclusive cuando se incorporan construcciones o instalaciones en un área rural, se genera un alto grado de perturbación del suelo ya que cualquier tipo de construcción requerirá de la excavación del suelo, su posterior relleno y compactación, empleándose comúnmente maquinaria pesada para llevar a cabo esta tarea, lo que aumenta el potencial de compactación de los suelos.

macroporos lo que ocasiona restricciones en el drenaje del agua del suelo, trayendo aparejada la disminución de la aireación del suelo, tan importante para las raíces como lo es el agua.

Hay dos aspectos críticos de la compactación del suelo que afectan directamente el crecimiento de los árboles al limitar el espacio de enraizamiento disponible:

2. Al destruirse los macroporos, los suelos se vuelven más densos y compactos, lo que constituye una limitante a la penetración de raíces.

1. Se destruye la estructura del suelo perdiéndose la mayoría de los creciendo y desarrollando saludablemente es recuperada en gran parte cuando ese árbol comience a proporcionar los servicios ecosistémicos para los que fue pensado, tales como sombra, belleza, amortiguación del ruido, reducción del viento, fijación del particulado atmosférico, disminución del pico de escorrentía de las aguas pluviales,

Cuando las raíces encuentran un suelo denso, y compactado, pueden cambiar de dirección, dejar de crecer o adaptarse a un tipo de crecimiento anormal ubicándose cerca de la superficie, haciendo que estos ejemplares se vuelvan más vulnerables a la sequía y que al mismo tiempo puedan provocarse daños importantes en las áreas pavimentadas de todo tipo y en casos extremos las raíces del árbol pueden morir por anoxia.

Algunos ejemplos de raíces creciendo superficialmente.

En suelos urbanos que no están cubiertos por pavimentos, es posible corregir, enmendar o reemplazar los suelos compactados para hacerlos más aptos para el crecimiento de las raíces. Sin embargo, cuando los suelos están cubiertos por pavimentos, las necesidades del árbol se contraponen a las especificaciones que requiere la ingeniería para lograr una base altamente compactada que posibilite la construcción de pavimentos.

Todos los pavimentos deben ser construidos sobre bases bien compactadas y bien drenadas, de modo que no se produzcan hundimientos, por lo que los suelos que deben soportar el pavimento son generalmente demasiado densos para para posibilitar el crecimiento normal de las raíces, siendo esto una de las causales por la que los árboles urbanos tienen una vida mucho más corta que los árboles que crecen en ambientes más naturales.

Al mismo tiempo, son estas áreas pavimentadas las que más necesitan los beneficios ecosistémicos de los árboles para atenuar los microclimas generados por la

isla de calor urbana que ellas mismas generan.

A la reiterada pregunta de cuál es el volumen de suelo necesario para que los árboles urbanos puedan desarrollar y crecer normalmente, investigadores del Instituto de Horticultura Urbana de la Universidad de Cornell, E.E.U.U., han desarrollado una regla general aplicable para la mayoría de los Estados Unidos de Norteamérica, a excepción de las regiones desérticas del suroeste.

La misma consiste en considerar que son necesarios 600 dm³ de suelo por cada m² de copa promedio proyectada del árbol maduro.

Esta regla general, para estimar las necesidades de volumen de suelo necesario para el normal crecimiento y desarrollo de un árbol se basa en la determinación del volumen de agua debe estar disponible en el suelo para que un árbol se sostenga a sí mismo, y pueda afrontar los factores climáticos tales como lluvias o demandas por evaporación, aunque no contempla

como puede variar en virtud de los distintos tipos de suelos, ya que el mínimo volumen de suelo necesario será diferente, dependiendo de la cantidad de arena, limo, y arcilla que integren la composición del suelo.

Evidentemente está claro que una plantera urbana típica de 100 cm de lado o en el mejor de los casos de 120 cm, resulta insuficiente para permitir que el árbol crezca y desarrolle hasta alcanzar el tamaño o volumen esperado para satisfacer los compromisos ambientales con que fue incorporado en el paisaje urbano.

51

Una de las alternativas para lograr el objetivo de proporcionar un sustrato adecuado para conseguir un buen crecimiento y desarrollo de los árboles y al mismo tiempo cumplir con las exigencias

requeridas para gran parte de los procesos constructivos urbanos es mediante el empleo de los denominados “suelos estructurales”.

Problemas con las raíces de los árboles.

El sistema radicular es vital para garantizar la salud y la longevidad de los árboles. Todas las plantas necesitan agua, oxígeno y nutrientes y estos elementos están más fácilmente disponibles cerca de la superficie del suelo, donde la precipitación se infiltra en el suelo y el oxígeno de la atmósfera se difunde dentro de la porosidad del mismo.

La mayoría de las raíces, por consiguiente, especialmente las raíces más importantes a nivel absorción, proliferan cerca de la superficie del suelo y es una realidad que, en condiciones de suelos o sustratos normales, la mayoría de las raíces de un árbol están en la parte superior del suelo, ubicándose entre los 45 y 60 cm de profundidad.

ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE RAICES SEGÚN D. KUSCHE Y M. STEWNIAK

situaciones que causan daños o deterioros a

Cuando el volumen de suelo está disponible, las raíces pueden extenderse dos a tres veces más que la expansión de las ramas.

Las raíces de los árboles suelen asociarse con

Raíces y conducciones de servicios subterráneas

Los casos de conducciones subterráneas de servicios que se rompen por el crecimiento de las raíces son infrecuentes, aunque no es así

en el caso de las obstrucciones en cañerías de conducción de agua y alcantarillado.

las estructuras, pavimentos y servicios públicos, aunque en gran parte de casi todos los casos, las raíces no son la causa del problema.

A medida que las raíces crecen, pueden romper ocasionalmente las tuberías y entrar en las grietas originadas. Por lo general las cañerías fallan, especialmente en las uniones debido al envejecimiento o ligeros

52

movimiento del suelo, posibilitando que las raíces las invadan.

Una vez que una raíz entra en una tubería de alcantarillado, las condiciones de aireación, humedad y nutrientes son bastante favorables para un crecimiento rápido. Las especies que se encuentran naturalmente en áreas húmedas como álamos, sauces y arces, se asocian comúnmente con tuberías

Raíces y pavimentos.

Si los árboles están demasiado cerca de pavimentos, o si el suelo compactado fuerza las raíces grandes a crecer muy cerca de la superficie del suelo, estas pueden eventualmente levantar el pavimento.

Cuando las raíces que están creciendo debajo de un área pavimentada encuentran una grieta entre el suelo y el pavimento, esta se convierte a menudo en una oportunidad de entrada.

Los problemas futuros pueden evitarse en el momento de la plantación proporcionando una distancia mínima de 1,20 m entre el árbol y el pavimento, o usando barreras mecánicas para evitar que las raíces crezcan bajo el pavimento.

Las soluciones para los pavimentos levantados alrededor de árboles maduros implican a menudo trasladar el pavimento más lejos del árbol o podar las raíces causantes del problema.

Las barreras se instalan a menudo después de que las raíces se cortan para prevenir el nuevo crecimiento de las raíces y la repetición del levantamiento del pavimento.

Cortar las raíces problema a menudo causa

estrés e inestabilidad. Los árboles sin suficiente apoyo de raíz pueden voltearse más fácilmente en una tormenta.

La poda de raíces se llevará a cabo en individuos cuyas raíces causen afectación o daño grave y comprobable a veredas, pavimentos, cimientos e infraestructura obstruidas. Las alcantarillas bloqueadas generalmente deben ser despejadas mecánicamente.

El direccionamiento mecánico de las raíces puede ayudar a controlar este inconveniente, aunque generalmente la única solución permanente al problema es el reemplazo de las tuberías rotas.

subterránea, requiriéndose su eliminación parcial, con el objeto de evitar, corregir o disminuir en lo posible el daño que se presenta.

Cabe mencionar que la poda de raíces es una actividad que requiere de personal especializado, y en ocasiones puede afectar de manera impredecible el anclaje y, en consecuencia, la estabilidad del árbol. Antes de tomar la decisión de realizar la poda de una raíz, se evaluarán las siguientes alternativas que en muchas ocasiones resuelven la causa misma del problema: ampliación de la plantera o alcorque, reducción del área transitable, etc., en donde las condiciones lo permitan.

La poda de raíz se inicia detectando aquellas raíces que causan afectación, por lo que se deberá realizar un dictamen técnico con la finalidad de verificar y determinar la

viabilidad de dicha poda.

Cuando sea necesario se deberán llevar a cabo zanjeos en el sitio para conocer la profundidad del suelo y su grado de compactación, así como el estado que guardan las raíces, que deberán presentar un anclaje que asegure que el individuo no

presente riesgo a desplomarse.

En sitios que existan superficies pavimentadas, habrá que removerlas para llevar a cabo un diagnóstico preciso del estado en que se encuentran las raíces, con el fin de tomar una decisión correcta.

53

De ser aprobada dicha actividad, se sugiere que se tome como parámetro la distancia mínima de tres a cinco veces el diámetro del tronco, tomado a partir de su perímetro, para realizar los cortes y de ser necesario realizar la poda de reducción de altura para reducir peso y riesgo de caída.

En caso de que se trate de obra pública, los

preceptos anteriores deberán de llevarse a cabo de manera estricta; para ello es importante la coordinación entre las áreas que intervengan en la ejecución de la obra pública. El dictamen de los individuos a los que se pretenda podar la raíz podrá complementarse con los criterios contenidos en la siguiente tabla.

CRITERIOS DE EVALUACION PARA REALIZAR LA PODA DE RAÍZ

Altura	Dap	Inclinación	Longitud raíces visibles	Oquedades y grietas en tronco	Diámetro de copa	Profundidad de suelo	Pendiente del terreno
(m)	(cm)	(°)	(cm)		(m)	(cm)	(%)
3 a 7 5 puntos	15-30 5 puntos	0 a 10 5 puntos	Menor a 50 10 puntos	No 0 puntos	Menor a 6 m 5 puntos	Mayor a 100 5 puntos	Menor a 10 5 puntos
7,1 a 15 10 puntos	30,1 a 50 10 puntos	11 a 15 10 puntos	Entre 50 y 100 30 puntos		10 puntos	Entre 50 y 100 30 puntos	Entre 10 y 20 10 puntos
Mayor a 15,1 20 puntos	Mayor a 50 20 puntos	16 a 20 20 puntos	Mayor a 100 40 puntos	Si 40 puntos	20 puntos	Menor a 50 40 puntos	Mayor a 20 20 puntos

La sumatoria de las cantidades de cada una de las columnas, de acuerdo a su valoración individual será el resultado de la viabilidad para proceder a la poda de raíz.

Hasta 65 puntos: positiva.
Mayor a 65 puntos: negativa.

Raíces y cimientos

A menudo se atribuye a las raíces el daño a los cimientos. En realidad, las raíces rara vez son la causa del problema. Aunque las raíces pequeñas pueden penetrar las grietas existentes en las fundaciones, son incapaces de causar daño mecánico a través de su crecimiento.

El hundimiento del suelo es el factor que puede ocasionar daños a las estructuras y

bajo circunstancias muy especiales, las raíces pueden contribuir a este problema, sobre todo cuando esos suelos son muy arcillosos y por ende propensos a expandirse y contraerse durante los periodos húmedos o secos, respectivamente, y si las fundaciones son poco profundas, las raíces pueden contribuir al agotamiento de la humedad del suelo bajo la cimentación, causando que se desplomen.

Raíces superficiales

Las raíces principales de los árboles a menudo crecen a pocos centímetros de la superficie del suelo.

En los taludes o laderas, la erosión del suelo también puede exponer las raíces. Estas

raíces superficiales pueden convertirse en un peligro para la circulación o causar dificultad para cortar el césped, y se dañan fácilmente. Eliminar estas raíces puede interrumpir el suministro de humedad al árbol, causando un grave estrés, mientras que cubrirlos con tierra podría disminuir el suministro de oxígeno a las raíces activas, por lo que en ambas situaciones se podrían producir el decaimiento del ejemplar.

circulación vascular e incluso conducir a su caída por la mala conformación del sistema radicular o la aparición de pudriciones asociadas.

Los árboles que presentan este defecto suelen ser plantas de vivero, de baja calidad, que se han desarrollado principalmente en contenedor y con un crecimiento de raíces circular alrededor de los límites de la maceta.

Raíces envolventes.

Las raíces envolventes o estrangulantes son aquellas que crecen alrededor del tronco y que en su aumento de tamaño y grosor pueden provocar afecciones severas en la base del árbol, restringiendo el flujo de agua y nutrientes hacia arriba y hacia abajo del tronco, lo que lleva a la decadencia y la muerte de la copa. Cuando las raíces envolventes se encuentran dentro del envase de vivero, el árbol rara vez sobrevive más de una década en el paisaje.

En los casos más graves pueden llegar a estrangular el cuello produciendo un impacto sobre la fisiología del árbol al dificultar la

En las plantas terronadas y envueltas, las raíces envolventes se desarrollan por diferentes razones y la decadencia puede tardar de 20 a 30 años en manifestarse. Para evitar la formación de este tipo de raíces, se debe garantizar que todas las raíces envolventes en el exterior del terrón se

La mejor solución es generalmente cubrir el área bajo el árbol con compost y / o chips de madera. Estos materiales son lo suficientemente porosos para permitir un suficiente suministro de oxígeno al suelo y pueden estimular el crecimiento de raíces finas. Actuando como aislante, esta cobertura minimizará el daño de las raíces y la erosión. Otro beneficio es la sustitución del césped altamente competitiva con una cobertura, que suministre nutrientes a medida que se descompone.

eliminan en el momento de la plantación. Una moderada intervención en el sistema radicular de una planta de vivero, no provoca demasiado estrés.

En el caso de las raíces grandes en los árboles maduros, la corrección del problema puede ser difícil. La eliminación de las raíces envolventes puede causar suficiente daño al sistema radicular como para acelerar su proceso de decaimiento. También, varias raíces pueden estar entrelazadas, lo que lo hace aún más difícil la tarea. Es difícil predecir si eliminar las raíces será más perjudicial que dejarlas.

Una vez que la raíz entra en contacto con el

tronco, el floema comienza a ser presionado y el xilema no puede producir madera. De esta forma, el fluido que circula por esta parte del tronco es menor, y la debilidad estructural comienza a desarrollarse.

El contacto puede provocar la muerte de algunas de las partes del tronco y si la raíz rodea por completo al árbol provoca su estrangulamiento, como cualquier elemento mecánico.

La reacción del árbol, si este es vital es la de desarrollar un mayor crecimiento para rodear el “objeto extraño” que sería la raíz, como lo haría con cualquier otro elemento que lo presione.

55

Por otro lado, la raíz engrosará de forma acorde a sus crecimientos anuales, presionando cada vez más sobre el propio tronco y cuanto mayor sea la longitud afectada por la raíz envolvente, mayor es el problema.

La principal prevención para este tipo de problema es la detección temprana en el momento de seleccionar la planta en vivero.

Cambios de nivel

Las raíces crecen mucho más cerca de la superficie del suelo de lo que se cree a menudo. Dado que las raíces están cerca de la superficie y dependen del oxígeno, elevar el nivel del suelo alrededor de un árbol establecido puede tener un impacto serio. Este aporte de suelo reducirá drásticamente el suministro de oxígeno a las raíces. Por otro lado, la eliminación de sólo unos pocos centímetros de la capa superficial del suelo también puede eliminar gran parte del sistema de raíces del árbol, provocando estrés en la planta.

Corte de raíces

El equilibrio entre la copa del árbol y el sistema radicular es importante para mantener los árboles sanos. Cuando las raíces se pierden por cualquier razón, el desequilibrio crea estrés. Un árbol tiene generalmente 4 a 7 raíces importantes. Cortar sólo uno de ellos a corta distancia del tronco puede eliminar hasta el 25 por ciento del sistema radicular. En tales circunstancias, incrementar el riego durante los períodos secos de verano y aclarar la copa puede ayudar a minimizar el decaimiento.

Durante excavaciones temporarias, tales como las efectuadas para la instalación o la reparación de servicios, la pérdida de raíces finas activas es casi inevitable, pero si el suelo

En ejemplares jóvenes se pueden redireccionar las raíces siempre que no cree daños en el tronco, aunque esto puede producir en un momento puntual cierto estrés al árbol.

Si las raíces son más grandes, se debe considerar si el corte y eliminación de la misma es menos grave que el daño que produce al árbol mientras que en casos extremos puede resultar necesario la

eliminación del árbol.

Cuando sea necesario efectuar cambios de nivel, debe evitarse modificar el nivel dentro de la línea de goteo del árbol. Cuantas menos raíces sean afectadas, mejores serán las probabilidades de que el árbol sobreviva. Otra alternativa sería construir un muro de retención por fuera de la línea de goteo para lograr el cambio de nivel. Si el cambio de nivel resulta necesario para mejorar el drenaje del sitio, debe asegurarse desviar el exceso de agua del árbol.

se substituye pronto, estas pueden regenerarse y la recuperación es muy probable, pero si las raíces afectadas son las de sostén, la estabilidad del árbol quedara severamente afectada y puede precipitarse.

Para recuperar la situación a su estado original, se necesitará cuidado adicional (principalmente regar) durante muchos años para lograr la restauración de las raíces perdidas.

Cuando las instalaciones subterráneas deben instalarse cerca de un árbol, el tunelado o el barrenado debajo del sistema de raíces evitan daños en conjunto.

56

El zanqueo y las excavaciones en el suelo cerca de los árboles pueden cortar las raíces, lo que puede dañar el árbol, lo que da como resultado el decaimiento de los árboles o inclusive su caída.

La poda de raíz es más perjudicial para los árboles maduros que para los árboles más jóvenes y más vigorosos.

Cortar las raíces de más de 3 cm de diámetro durante el zanqueo y la excavación puede significar problemas para el árbol. En algunos casos las raíces de 3 a 10 cm de diámetro representan las raíces estructurales principales que sostienen el árbol vertical.

El impacto de la poda de raíces depende de varios factores. El daño típicamente aumenta con mayor cantidad de cortes, cortes más grandes y cortes hechos más cerca del tronco.

La poda de raíz, la excavación de zanjas y otras actividades de construcción cercanas al tronco resultan más graves en suelos compactos y poco profundos o en suelos que drenan mal que en suelos bien drenados. Esto se debe a que las raíces poco profundas son comunes en los sitios con suelos poco

profundos o el nivel freático alto y por lo tanto la pérdida de raíces es mayor.

Los árboles inclinados no son aptos para practicar la poda de raíz.

Las raíces sólo deben ser podadas con herramientas afiladas para evitar rasgarse detrás de los cortes.

Los factores que afectan la respuesta de los árboles a la poda de raíces son:

- tamaño de raíz: las raíces más grandes pueden generar pocas raíces nuevas
- número de raíces cortadas: más raíces cortadas significa más estrés en el árbol
 - la proximidad de los cortes al tronco: cuanto más cercano al tronco se efectúen los cortes mayor será el impacto negativo
- especies: algunas especies lo toleran mejor que otras
- edad del árbol: los árboles viejos tienen más probabilidades de estresarse y morir
- condición del árbol: los árboles con

poca vitalidad no deben ser podados de raíz

- árbol inclinado: los árboles inclinados no deben ser podados de raíz
- tipo de suelo y drenaje del sitio: los suelos poco profundos significan alejarse más del tronco

Sobre qué tan cerca del tronco pueden cortarse las raíces, la respuesta parece depender de a quién se le pregunte.

Para los árboles maduros, algunos expertos recomiendan no cortar las raíces a menos de 6 a 8 cm del tronco por cada cm de diámetro del tronco. Eso significa que solo se podrían intervenir raíces a partir de los 3 m de distancia del perímetro del tronco en un árbol

de 50 cm de Dap.

Otras propuestas son más realistas y afirman que se debe evitar la poda no más cerca del tronco que una distancia igual a 3 veces el diámetro del tronco, preferiblemente 5 veces el diámetro del tronco.

El Dr. Tom Smiley en el Laboratorio de Investigación Bartlett Tree en Charlotte demostró que las raíces en árboles muy jóvenes pueden podarse completamente a una distancia igual a 5 veces el diámetro del tronco sin ningún impacto en la estabilidad del árbol.

Cualquiera que sea la regla que se decida usar, deberá efectuarse conociendo que la poda de raíces en los árboles puede dar como

57

resultado que los árboles se caigan o se mueran. Mientras que la poda de raíces en árboles grandes creciendo en suelo bien drenado pueden no caerse debido a las raíces más profundas que pueden y tener, no ocurre lo mismo cuando lo hacen en suelos someros y mal drenados donde hay menos raíces profundas que lo sostienen.

Las alternativas para no efectuar corte de raíces pueden ser:

Fallas por roturas del sistema radicular o vuelco.

Un caso frecuente de puro fallo estructural es la incapacidad del sistema radicular de anclarse correctamente para resistir fuertes vientos, a menudo provocado por un área radicular restringida, dañada o por la presencia de encharcamientos.

La resistencia al viento es una función del equilibrio entre el anclaje o la resistencia de la masa suelo/raíz, la fuerza del viento y la fuerzas gravitacionales aplicadas en la copa del árbol (Tatters et al, 1994).

El anclaje depende parcialmente de la extensión y la arquitectura del sistema radicular que además depende de la resistencia mecánica de las raíces y de la cohesión de estas con el suelo y entre las partículas del mismo.

Cuando el sistema radicular falla, el árbol cae con un cepellón diferenciado, formado por la parte central del sistema y suelo, pero normalmente la extensión de las raíces es mayor que el diámetro de ese cepellón porque las raíces se rompen y quedan en el suelo.

Existen al respecto dos tipos de caídas del árbol por problemas radiculares:

- a) Caída por rotura radicular, cuando el árbol vuelca pivotando sobre raíces rotas bajo el tronco

- añadir tierra sobre las raíces y resembrar
- modificar la geometría de la acera alrededor de las raíces superficiales
- elevar la acera por sobre las raíces
- suspender la acera sobre pilotes
- rehacer la acera con hormigón

- armado • excavar bajo raíces con tecnología sin zanjeo
- convivir con el problema

- b) Caída de bisagra, cuando el árbol vuelca pivotando sobre el límite exterior de un enorme cepellón de suelos y raíces.

Cualquier árbol, independientemente de su sistema radicular, puede tener una estabilidad baja si el volumen para el crecimiento de las raíces se encuentra muy limitado como suele ocurrir en los sitios urbanos donde a las de por sí ya reducidas

dimensiones del sitio de plantación, se complementan sustratos de baja calidad y presencia de redes de servicios que entorpecen y dificultan el crecimiento de las raíces, los que a su vez generan daños de importancia gravísima durante las intervenciones de mantenimiento de los mismos.

Plantar árboles en forma masiva en entornos urbanos puede no generar los beneficios deseados si su salud se ve comprometida por la limitación de las condiciones del suelo o por una mala o inexistente gestión de raíces. Para obtener el mayor retorno en servicios ecosistémicos por parte de los árboles, para el recupero del tiempo y mano de obra invertida, la salud del subsuelo de los árboles debe ser considerada muy seriamente.

58

Construcciones e Infraestructuras.

Siempre que los árboles estén presentes en las proximidades de la infraestructura construida, el potencial de conflicto es significativo. En los centros poblados altamente urbanizados puede resultar difícil localizar sitios de plantación que brinden a los árboles el espacio suficiente y necesario para crecer y al mismo tiempo evitar problemas con los servicios públicos, los edificios o las vialidades.

En lugar de limitar las opciones de plantación a árboles lo suficientemente pequeños o lo suficientemente rústicos para sobrevivir en espacios de suelo urbanos degradados o reducidos, se debe pensar en sitios de plantación adecuados que permitan el crecimiento de una mayor variedad de árboles.

La investigación debe producir nuevas estrategias y soluciones para hacer frente a la amplitud de potenciales conflictos de árboles

e infraestructuras que se encuentran en paisajes altamente desarrollados.

Cuando el espacio es limitado, los materiales de construcción alternativos, tales como mezclas estructurales del suelo, materiales porosos de pavimentación y sistemas de apoyo subterráneos que han sido diseñados para soportar el tránsito sin afectar el crecimiento de las raíces, representarían una solución al problema. No obstante la extensión y localización del sistema radicular en estos sistemas es en gran parte desconocido y además, su funcionalidad no está aun adecuadamente comprobada.

A la vez, la medida en que los árboles urbanos infligen daños que disminuyen la vida útil de la infraestructura urbana y los costes

Estabilidad del árbol

La estabilidad del árbol es una preocupación a lo largo de la vida del ejemplar. Al plantar,

asociados con esta degradación acelerada no se conocen completamente.

El conocer cómo las raíces de los árboles dañan el pavimento y se infiltran en los servicios subterráneos tales como tuberías de desagües y otras, puede orientar a cambios de diseño que limitan futuros conflictos.

Alternativamente, las barreras de control de raíces que redireccionan su crecimiento puede ser instaladas si se demuestra que son eficaces en la prevención de daños relacionados con los raíces.

Por otra parte, y he aquí lo más importante desde el punto de vista de la seguridad urbana, los árboles pueden ser dañados cuando se repara y reemplaza la infraestructura urbana o cuando se construyen nuevas en su proximidad.

Se debe además evaluar, qué sucede cuando

los árboles deben ser podados en su parte aérea y/o subterránea, cuáles son los efectos sobre la salud y la estabilidad de esos árboles, qué porcentaje del sistema de raíces estructurales y absorbentes de un árbol puede eliminarse sin afectarlo severamente, cuándo la eliminación de raíces es demasiado severa como para justificar la extracción de un árbol, o cómo se puede determinar qué volumen de suelo está disponible para garantizar que los árboles puedan crecer y desarrollar sin dificultad.

Estas y muchas otras preguntas más aún aguardan respuesta satisfactorias que nos permitan gestionar el arbolado urbano con la certeza de que no estaremos comprometiendo al ejemplar ni a su entorno.

uno debe decidir si se necesitan medidas adicionales de estabilización para evitar que

59

un árbol trasplantado se desplace o desarraigue.

A medida que un árbol se hace más grande y maduro, su sistema radicular debe desarrollar un anclaje suficiente para hacer frente a un aumento de la carga del viento y el peso del árbol.

Si esto no ocurre, el árbol podría colapsar dañando los objetivos cercanos.

Se han realizado muchas investigaciones para evaluar la resistencia de las raíces y la estabilidad de los árboles enteros.

Sin embargo, se necesita más trabajo para crear modelos robustos que puedan usarse para cuantificar estos valores.

Los modelos de evaluación de la estabilidad deben comparar la resistencia existente del árbol con los requisitos del sitio (basado en la carga normal del viento y otros factores). Estos modelos podrían ayudar en la toma de

decisiones de mitigación de riesgos en el caso de árboles defectuosos o directamente, crear pautas de evaluación estandarizadas.

En la creación de estos modelos, especies representativas de las diferentes tipologías de sistemas radicales son evaluadas,

Crecimiento y desarrollo de raíces

Trabajos realizados por distintos grupos de investigadores han posibilitado una mejor comprensión de la distribución del sistema radicular en extensión y profundidad.

Se reconoce que estos factores están influenciados tanto por factores genéticos de la especie como por las condiciones del suelo presentes en el sitio.

Las condiciones ambientales como la profundidad del suelo, su compactación, abundancia de agua y presencia de especialmente en relación con la limitación

en volumen y calidad de los suelos urbanos.

Al igual que con otros aspectos de la evaluación del riesgo, la estabilidad de las raíces y de los árboles enteros requiere de investigación.

Deben identificarse los defectos de la raíz y los umbrales de pérdida de raíz. Por último, los resultados de los esfuerzos de investigación de la estabilidad del árbol deben ser utilizados para sentar las bases para directrices de evaluación de riesgos significativas. Estas directrices deben identificar las herramientas y las técnicas para llevar a cabo una evaluación básica del riesgo subterráneo. Además, la guía de evaluación del riesgo debería indicar cuándo se justifica una evaluación más compleja como por ej. cuando se detectan indicadores de decaimiento tales como fructificaciones de hongos presentes en la corona de la raíz y qué métodos son apropiados para su detección.

Las directrices estandarizadas de evaluación de riesgos podrían contener factores de evaluación cualitativa o una mezcla de ambos dependiendo de lo que se considera más apropiado.

elementos de infraestructura influyen en la distribución de raíces dentro del suelo.

La investigación continúa fortaleciendo el vínculo entre las raíces de los árboles, el tronco y el dosel, lo que ha despertado un mayor interés en la gestión de raíces.

Mientras los investigadores tienen ya una comprensión generalizada de las tipologías de sistemas radicales, el conocimiento del crecimiento y desarrollo de raíces entre las especies comunes de árboles urbanos y las condiciones del suelo resulta imprescindible

para ayudar a mejorar las prácticas de gestión.

Esta es una investigación tan fundamental como la de desarrollar un sistema de

principales raíces estructurales de una manera no invasiva, antes de provocar cualquier intervención que afecte la rizósfera del árbol en cuestión.

60

Integridad de superficies y de estructuras

Una característica común de las plantaciones más antiguas es que esa madurez puede resultar en significativos daños de la superficie cerca del tronco por las grandes raíces estructurales.

Las raíces son muy pequeñas cuando comienzan a crecer, luego aumentan de diámetro, resultando en levantar o agrietar las veredas. Cuando el levantamiento es excesivo se pueden crear riesgos de tropiezo. detección que posibilite mapear las

El mejor momento para lidiar con el daño a las superficies duras provocadas por los árboles es en el momento de plantación y/o superficie, combinando soluciones para árboles e infraestructura

En áreas de suelos arcillosos contraíbles, los árboles pueden contribuir también a los problemas locales de subsidencia, causando daños indirectos a los edificios y otras estructuras. Tal daño es aquí nuevamente más efectivamente prevenido a la hora de plantar.

Soluciones basadas en árboles para la integridad de la

superficie. Selección de especies

Daño de la raíz a superficies duras alrededor de los árboles a menudo ocurren donde especies exigentes en agua, de crecimiento rápido y raíces poco profundas como sauce (*Salix spp.*) y álamo (*Populus spp.*) son utilizadas cerca de pavimentos, por lo que en el diseño de aceras nuevas se recomienda que se de preferencia a los árboles que no tienen esta característica de poseer raíces muy superficiales. Demás esta aclarar que esta característica, unida a la calidad de su madera, hacen que las especies de estos dos géneros no resulten aptas para el arbolado viario, pero si pueden utilizarse, con ciertas restricciones en lo que hace a proximidad con

caminos y senderos, en los espacios verdes.

También, y esto es quizás más crítico, debe garantizarse que haya suficiente espacio para el crecimiento de la raíz. Si bien el hábito general de enraizamiento es un factor importante a considerar cuando se seleccionan especies de árboles, no resolverá los problemas de daños superficiales.

Un factor influyente primario es el perfil y la estructura del suelo. Como resultado, el comportamiento de las raíces en zonas urbanas y sus entornos pueden ser bastante diferentes de lo observado en condiciones naturales.

61

Volumen de enraizamiento y aireación

Si el entorno proporcionado a las raíces no es prodigo en poros aptos para la presencia de aire para que las raíces puedan crecer, las raíces explorarán los vacíos donde el oxígeno esté disponible en su entorno inmediato, como en las sub-bases de las aceras. Una

planificación para proporcionar un sustrato abundante, bien oxigenado, para el crecimiento de las raíces es uno de las consideraciones más importantes en cualquier estrategia integral para evitar daños.

Soluciones basadas en infraestructura para integridad de la superficie.

El punto donde se une el tronco del árbol con las raíces, (cuello de la raíz) es un área de transición donde se transfiere aire y llegando hasta las raíces.

El árbol crea más madera en esta área para resistir esta fuerza, y esa madera extra se engrosa la base del árbol y esto forma lo que se denomina el collar de la raíz.

La fuerza radial ejercida por este incremento de la madera puede dañar superficies duras y paredes, por lo tanto, es crítico que el diseño de la superficie dura alrededor de cada árbol anticipe el crecimiento de esta sección del árbol.

Aumentar la distancia desde el borde de las superficies duras hasta la base del árbol ayudará a evitar esos daños. En los reducidos

espacios urbanos, el ancho de la plantera de

Sub-base de superficie.

El tipo y grosor del material para la capa de sub-base también puede influir en la incidencia del daño superficial. El daño por raíces surge principalmente en donde se construyeron superficies duras que se colocan sobre capas con base de arena

Detalles de superficies y bordes

El tipo de superficie del entorno del árbol así como las dimensiones de las planteras también influye en las estrategias para un árbol suele estar limitada por el tráfico peatonal y por problemas de accesibilidad.

Sin embargo, no es un requisito que todas las planteras de los árboles deben ser del mismo tamaño, la flexibilidad en el dimensionamiento de las planteras posibilitará maximizar su tamaño allí donde el espacio lo permita, mientras se mantiene la comodidad para los peatones en los sitios críticos.

Un buen diseño puede desarrollar soluciones para variar el tamaño de las aperturas sin dejar de estar bien diseñados.

Las normas de diseño deberían alentar un enfoque flexible mientras se establecen dimensiones mínimas para contemplar y anticiparse al crecimiento del cuello de la raíz.

compactada, mientras que se ha demostrado que una sub-base hecha de grava gruesa compactada de tamaño predefinido y sin partículas finas puede disminuir los daños por raíces.

manejar los conflictos entre las superficies duras y las raíces de los árboles.

Algunos materiales, como el asfalto, el ladrillo, pavimento articulado y adoquines

62

suelos, pueden adaptarse al movimiento dinámico de la superficie causado por la expansión de la raíz.

Las superficies duras soportadas desde abajo para "flotar" sobre el suelo y las raíces de los árboles son las soluciones más efectivas, pero

Superficie sin excavación

Donde sea inevitable encarar obras en superficies cercanas a los árboles existentes los árboles, las acciones deberían ser programadas para que haya una perturbación mínima para las raíces de los árboles y su enraizamiento.

En tales circunstancias es importante: .

Deflectores de raíz

Los deflectores son impedimentos físicos, generalmente confeccionados en material plástico, que están diseñados para controlar el crecimiento lateral de las raíces.

Instalados en el momento de la plantación del nuevo árbol, los deflectores de raíz redirigen el crecimiento radicular lateral inicial hacia abajo, alejándolo de la superficie. En teoría, dirigiendo raíces estructurales en profundidad, las fuerzas que ejercen se disiparán a través de un mayor volumen de tierra antes de llegar a la superficie.

Al llevar raíces a la superficie más allá del cuello de la raíz, los deflectores también podrían permitir la poda de raíz que podría

· desarrollo lateral de la raíz y, al hacerlo,

incomodan a la estructura radical adquirida en los viveros para maximizar la estabilidad de su establecimiento y lograr un buen diseño futuro de raíz. Mientras que las prácticas de vivero están afianzadas en prácticas acumuladas de conocimiento sobre poda de raíces y su arquitectura a lo largo de muchísimas décadas, los deflectores de raíz tienen solo unos 40 años de también las más caras, ya que minimizan los riesgos de roturas y los árboles pueden crecer de manera confiable.

Esto podría ser solucionado a través de la plantación de árboles en sistemas, tales como suelos estructurales, en celdas o flotantes.

Limitar al mínimo la zona de excavación, ya que una gran proporción de las raíces es probable que estén en la capa superior de suelo.

Evitar la compactación del suelo.

Garantizar el ingreso de agua y el intercambio gaseoso al sistema

llevarse a cabo como último recurso para solucionar los inconvenientes aceras generando impactos más reducidos en la salud e integridad estructural de los árboles.

Una revisión de las evidencias disponibles sobre la estabilidad estructural de árboles y la verificación de campo sobre el impacto de estos dispositivos en su uso llevan a tener en consideración las siguientes situaciones para tener mayor precaución al aconsejar su uso:

- Los deflectores de raíz, sobre todo cuando alcanzan los 60 cm de profundidad o más, inhiben el
vigencia, desconociéndose por ende su impacto en la estabilidad de los árboles maduros.
- La investigación disponible sobre la efectividad de los deflectores de raíz muestra un alto nivel de sensibilidad a los distintos tipos y especies de suelo. Una revisión exhaustiva realizada en 2008 de sobre el impacto en la densidad de la raíz, diámetro y la profundidad media no fue concluyente

63

Abordaje de la raíz a la que se le han provocado daños en superficie.

Hay varias estrategias disponibles para aliviar, remediar o subsanar el daño de raíces a superficies duras:

- Revestimiento de la zona afectada, usando superficies de materiales flexibles. Esto no eliminará el problema pero aliviará el conflicto, pendiente de la renovación total de la acera afectada o área pavimentada cuando el aumento del nivel de la acera puede ocurrir
- Puenteando la acera sobre las raíces. Los puentes son simplemente senderos que son elevados por encima del crecimiento de la raíz. Pueden estar soportados por muelles de hormigón

o por la capa de la sub base.

- Aumentando el tamaño de la plantera y mejorando la calidad del sustrato de enraizamiento inmediatamente alrededor del cepellón del árbol. Esto solo será posible donde hay suficiente espacio disponible para mantener la transitabilidad de la superficie dura circundante.
- Adaptación de una solución en el sustrato de enraizamiento mediante

Árboles y hundimientos.

El hundimiento es un problema complejo y bien documentado, mayormente asociado

con subsuelos de arcilla y limo contraíbles y que se ve agravado por una gama de factores concomitantes, entre los cuales los árboles pueden jugar un rol importante.

Para minimizar el riesgo futuro de hundimientos o subsidencias se requiere:

- Fundaciones especiales según el propósito de diseño para edificios y sistemas de suelos estructurales o flotantes.
- Poda de raíces. La eliminación de raíces tendrá el mayor impacto negativo sobre la salud y la estabilidad de los árboles, y solo debe ser considerado como último recurso antes del retiro y conducido bajo experta supervisión. Independientemente de la estrategia elegida, es importante que:
 - Todas las excavaciones alrededor del cepellón de un árbol existente sean conducidas por operarios capacitados con herramientas no invasivas de

excavación (preferentemente de vacío o excavadoras de aire comprimido).

- Se debe prestar especial atención para evitar la anoxia en las raíces por acumulación de suelo adicional o reducción del volumen exploratorio de la raíz bajando los niveles del suelo

estructuras, teniendo en cuenta la naturaleza del subsuelo y la proximidad de los árboles existentes, así como también los posibles riesgos adicionales ocasionados por el cambio climático y la posibilidad de árboles que pueden plantarse o crecer cerca en el futuro.

- Prestar especial atención en la selección del árbol para evitar

especies inconvenientes debido al excesivo desarrollo de raíces.

- Mantenimiento de árboles, a través de poda cíclica para limitar el

Protocolo Protección arboles durante obras

El mantenimiento y la mejora del bosque urbano es uno de los objetivos del Plan para lo cual la preservación y protección de árboles saludables es un objetivo para lograr este objetivo.

Incluir a los árboles en las etapas iniciales de la planificación de la construcción puede significar la diferencia entre preservar un árbol sano o tener que quitarlo.

Tipos de daños.

Daño Físico

Generalmente ocurre sobre tronco y/o ramas si se permite una cercanía muy próxima del equipo y maquinaria de construcción o si se construyen estructuras dentro del espacio de crecimiento de los árboles. Estos daños son permanentes y pueden afectar en grado sumo la supervivencia del o los ejemplares afectados

Corte de raíces

Es otro tipo de daños que puede impactar de manera significativa en la salud de un árbol. Las excavaciones efectuadas para tareas de cimentación o para la instalación de servicios cortan

habitualmente las raíces de los árboles si las mismas se efectúan dentro de su superficie de crecimiento radicular.

La mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 30 a 60 cm de suelo. Los árboles pueden volverse inestables y pueden caer si las raíces estructurales de soporte son afectadas en forma severa.

crecimiento en el caso de especies preexistentes que respondan a las características del punto anterior.

Cuando los planes se elaboran teniendo en cuenta la preservación de los árboles, se puede ayudar a proteger el recurso arbóreo existente.

Cualquier persona o empresa que no cumpla con las políticas y especificaciones de protección de árboles será financieramente y penalmente responsable.

La compactación provoca una reducción de la porosidad del suelo, indispensable porque contiene el aire y el agua imprescindibles para el crecimiento de las raíces. Sin espacio disponible para aire y agua, las raíces mueren ocasionando la consecución de la declinación del árbol en su totalidad.

Elevar el nivel original de plantación

Protegiendo nuestros árboles

Existen un sinnúmero de acciones que se pueden realizar para proteger a nuestros árboles, antes, durante y después de una obra de construcción.

En primer término se deberá establecer la zona de protección de raíces para lo cual

Previo a toda excavación debería efectuarse un zanjeo exploratorio para determinar la presencia o ausencia de raíces y proporcionar una guía para el diseño de los proyectos considerando la protección de las mismas. El mejor método para esta inspección por no ser invasivo, es mediante el sistema Hydro Vac empleando agua a una presión menor a 20 psi para visibilizar las raíces.

Compactación

La compactación del suelo en el cual crecen las raíces de los árboles es una de las principales causas del decaimiento de los árboles urbanos.

Esta compactación del suelo ocurre principalmente por el movimiento de vehículos y maquinaria en la zona de crecimiento de raíces y lo peligroso del daño es que el mismo no ocurre inmediatamente y resulta difícil de detectar si no se conoce la historia previa del sitio o se efectúan las tareas de cateo pertinentes.

mediante el agregado de suelo es también una manera de perjudicar el desarrollo de las raíces al alejar el suministro de agua y aire del área donde las raíces estaban acostumbradas a recibirlos. En algunas circunstancias unos pocos cm de suelo adicionales pueden tener un gran efecto deletéreo en la salud del árbol.

existen tablas orientativas de las distancias mínimas a respetarse para disminuir los daños a ocasionar, que aunque en la práctica resulten muy difícil de respetar, sirve para conceptualizar el daño que se estaría provocando.

Diámetro Altura Pecho	Área mínima de protección para arboles viarios	Área mínima de protección para árboles en espacios verdes
< 10 cm	1.2 m	Línea de goteo o 2.4 m, lo que resulte mayor
10 – 29 cm	1.8 m	Línea de goteo o 3.6 m, lo que resulte mayor
30 – 40 cm	2.4 m	Línea de goteo o 4.8 m, lo que resulte mayor
41 – 50 cm	3.0 m	Línea de goteo o 6.0 m, lo que resulte mayor
51 – 60 cm	3.6 m	Línea de goteo o 7.2 m, lo que resulte mayor
61 – 70 cm	4.2 m	Línea de goteo o 8.4 m, lo que resulte mayor
71 – 80 cm	4.8 m	Línea de goteo o 9.6 m, lo que resulte mayor
81 – 90 cm	5.4 m	Línea de goteo o 10.8 m, lo que resulte mayor
91 – 100 cm	6.0 m	Línea de goteo o 12.0 m, lo que resulte mayor
> 100 cm	6 cm de protección por cada cm de DAP	Línea de goteo o 12 cm de protección por cada cm de DAP

Además de establecer y crear la zona de protección de raíces, puede ser necesario implementar otras medidas de protección tales como incorporar mulch sobre la zona de raíces, aireado del suelo, poda de limpieza eliminando la madera muerta o remoción de las ramas que pueden interferir con las tareas de construcción.

Dentro del área de protección de raíces se

debe tener en cuenta:

- No construir
- No modificar el nivel por relleno, desmonte, zanjeo, o cualquier otro tipo de modificación sobre el suelo
- No almacenar materiales de construcción, equipos, suelo, áridos, residuos o escombros.

66

- No transitar con vehículos, equipos e inclusive de a pie.

duras debe ser el de crear y garantizar condiciones en las que el árbol pueda prosperar y sobrevivir durante su vida útil exitosamente.

Guía para apertura y construcción de planteras.

Implicancias para el enraizamiento de árboles. Diseño ambiental

El objetivo general al plantar árboles en áreas

Hay situaciones, particulares, las aceras de calles suburbanas, donde los suelos no han sido muy perturbados o compactados y allí por lo general no existen demasiadas complicaciones en el espacio aéreo y el subterráneo. En estos casos ha sido posible plantar árboles viarios con solo proporcionar

espacio para el cepellón del árbol y adecuados cuidados posteriores en términos de protección, riego, mulching (cobertura) y poda formativa.

Sin embargo, en situaciones urbanas las circunstancias son más exigentes y se precisará de diseños más sofisticados para

Soporte de cargas.

Los requisitos ingenieriles de la distribución de carga para áreas pavimentadas para el tránsito, ya sea vehicular o peatonal, son contrarios a las necesidades biológicas de los árboles:

- Las sub-superficies, a menudo, necesitan ser compactadas hasta el 95% de su densidad máxima, para evitar asentamientos bajo cargas de diseño. Las capas de estas bases están constituidas por lo general con
 - No estacionar vehículos/maquinarias

asegurar el éxito en la integración de árboles, el entorno y la infraestructura.

disponible, así como un buen drenaje y otros poros más grandes que garanticen la aireación; y además suficiente fertilidad para proporcionar un suministro adecuado de nutrientes.

Donde se requiera soportar cargas, el subsuelo debería diseñarse para ayudar el crecimiento de las raíces de los árboles.

Estas situaciones se presentan dónde:

- Los suelos estén muy alterados, compactados o poseen mal drenaje. · Se requiera una superficie dura sobre el área del cepellón.
- Exista tránsito de mediana a alta intensidad de peatones o bicicletas sobre la zona de enraizamiento de árboles.
- Estacionamiento o tránsito vehicular sobre la zona de enraizamiento
- Los servicios públicos estén muy cerca al árbol.

Las soluciones que se describen a continuación pueden ayudar a mitigar estas demandas, sin comprometer el rendimiento del árbol o el de la infraestructura.

materiales granulares no unidos que facilitan la alta compactación, haciéndolos impermeables y precisando de obras de drenaje para la conducción del agua.

- Por el contrario, los requisitos biológicos para el crecimiento de las raíces incluyen: material con una densidad volumétrica baja; una porosidad de tamaños adecuados que proporcionen una capacidad de almacenamiento adecuada de agua

Las técnicas para disminuir la compactación de los sustratos de cultivo de los árboles viarios, y que al mismo tiempo proporcionen un soporte adecuado para la construcción de pavimentos transitables se han utilizado desde finales del siglo XIX. Un informe de la Comisión de Mejora Urbana de Londres del año 1870 describe el procedimiento empleado de la siguiente manera: "Para

asegurar el bienestar de los árboles, se ejecutaron hoyos y se llenaron con suelo, y, la acera que rodea al árbol fue cubierta con una reja abierta para permitir el ingreso del agua de lluvia y el aire en el suelo, y para permitir que el suelo se mantenga suelto en la superficie. La reja y la acera fueron apoyados independientemente por vigas sobre los

Suelos estructurales.

Los parámetros y principios fundamentales de los tres tipos principales de suelos estructurales son los siguientes:

- Sustratos a base de arena (también llamados suelos arbóreos).
- Sustratos a base de agregados de tamaño mediano. (Suelos Cornell)
- Sustratos a base de esqueleto de piedra grande (también conocido como el sistema de Estocolmo).

Esta categorización es, hasta cierto punto, una simplificación ya que se han desarrollado una amplia gama de soluciones para

pozos de los árboles, para evitar el asentamiento del pavimento y el endurecimiento del suelo alrededor de las raíces del árbol”.

Las soluciones técnicas disponibles actualmente para mejorar la capacidad de carga de los entornos de crecimiento de las raíces de los árboles se dividen en tres categorías, de las cuales solo se describirá la

primera de ellas y se hará una mención de las otras dos debido a la inviabilidad de su ejecución. Los sistemas son:

- Suelos estructurales.

- Sistemas de celdas.

- Sistemas flotantes.

Estas técnicas no son mutuamente excluyentes, por lo que no resulta extraño que sean utilizadas en forma combinada para adaptarse a las circunstancias particulares de un proyecto.

Una visión general de los principales sistemas de suelos estructurales se describe a continuación.

adaptarse a las circunstancias locales, incluida la disponibilidad de las materias primas de que se dispone. En algunos se ubicará a mitad de camino entre las categorías, particularmente los dos últimos sistemas, por ejemplo, la Autoridad del Gran Lyon utiliza un medio de crecimiento estructural basado en piedras grandes (Sistema Estocolmo) pero sigue un proceso (premezcla de tierra y piedras) más comúnmente empleado en sustratos con tamaño mediano de agregados (Suelos Cornell).

Más allá del desarrollo que se brinda a continuación de estos tres tipos de suelos, a priori se considera que los Suelos Cornell serían los más apropiados para efectuar

pruebas piloto que permitan comprobar la utilidad o no de su empleo.

Sustratos a base de arena (Suelos arbóreos)

Los suelos arbóreos basados en arena se desarrollaron en los Países Bajos en la década de 1970 en respuesta a la disminución de

árboles en Amsterdam debido a su elevado nivel freático y alto contenido de arcilla.

Lo que posteriormente se conoció como Amsterdam Tree Soil y suelos similares basados en arena están compuestos predominantemente (aproximadamente 90%) por un medio grueso de arena de sílice

(tamaño medio de partícula de 0.22 mm) con pequeñas cantidades de materia orgánica (4-5% en peso) y arcilla (2-4%) para agregar capacidad para agua y retención de nutrientes.

Adaptaciones más recientes de este modelo basado en arena son:

- Rotterdam Tree Soil (desarrollado hace más de 20 años), usando arena de sílice más gruesa (0,75 mm) para proporcionar más aire y vacíos en el suelo
- Mezclas más gruesas hechas de material reciclado con materiales como el vidrio (limpio y molido a 1-2 mm de tamaño granular) y fibra de coco (es decir, turba de coco y fibra) para proporcionar materia orgánica. Los componentes se mezclan antes de su instalación y luego se incorpora en capas, cada una compactada a la densidad requerida. La profundidad total está limitada a 800 mm ya que la aireación es demasiado pobre para el crecimiento de la raíz a mayores profundidades

Las ventajas de estos suelos son:

- Contar con un historial de implementación relativamente largo
- (40 años o más) con buena adaptación de los ejemplares
- Proporcionar una capacidad de carga

efectiva para tráfico peatonal y ciclista donde un asentamiento mínimo es aceptable.

- Tolerar el alto nivel de compactación (hasta 80% de densidad seca) antes de restringir el crecimiento de la raíz.
- Resultan relativamente económicos.

Mientras que entre sus limitaciones se pueden considerar:

- Baja capacidad de retención de agua generando por ende más sensibilidad a la sequía a menos que el agua de recarga pueda proporcionarse consistentemente a lo largo de la temporada de crecimiento por infiltración de lluvia o capilaridad de un nivel freático alto, o por la instalación de un sistema de riego automático.
- Riesgos de bajo pH del suelo (acidez) inducido por el contenido de materia orgánica lo que puede limitar la elección de especies.
- El suelo existente no será reutilizado, lo que puede resultar en gastos de transporte y costos de disposición.
- Los sustratos a base de arena no son adecuados cuando la compactación requerida es muy alta porque las raíces son completamente incapaces de crecer en tales circunstancias.
- Se requiere una buena supervisión técnica para garantizar que se cumpla con las especificaciones adecuadas.

Los sitios más apropiados para el uso de este tipo de suelos son:

- Debajo de las aceras con tránsito peatonal medio y de bisiendas.
- En zonas con napa freática alta o en conjunto con superficies permeables para disminuir la escorrentía de agua superficial e incrementar la

infiltración.

El éxito en el empleo de estos suelos arbóreos dependerá de:

- Emplear arena de la granulometría

correcta según especificación ya que la efectividad de los sustratos a base de arena requiere el uso de arena con granulometría adecuada y homogénea. Alrededor del 80% de los granos de arena debe ser del mismo tamaño o dentro de una dispersión muy acotada. De no lograrse esta condición, ocurrirá la compactación por el llenado con granos pequeños de todos los vacíos que dejan los granos más grandes sin dejar espacio para el aire o el crecimiento de la raíz. La verificación de la calidad de la arena en la mezcla resulta fundamental

- Verificar la calidad de la materia orgánica utilizada: el empleo de materia orgánica no totalmente estabilizada generará un sustrato que no solo será sumamente ácido, sino que también requerirá de mucho oxígeno y producirá metano a medida que comienza a madurar y continúe descomponiéndose.

- Monitoreo del contenido de agua durante la aplicación: el contenido de agua de la mezcla cuando se utilice, no debe ser mayor del 8%. El camión que abastece el material debe estar cubierto y la utilización del mismo no debe tener lugar bajo condiciones de lluvia. Si hubiese agua estancada en el hoyo de plantación en el momento de la aplicación, debería incorporarse previamente una capa de material de drenaje antes de incorporar la mezcla de arena rica en compost.
- Relleno y compactación en capas con equipo adecuado: la mezcla deberá ser aplicada en capas de aproximadamente 300mm. Cada capa requiere de compactación mecánica, evitando los que emplean placa vibratoria ya que puede ocasionar capas impermeables.
- Si el crecimiento de la raíz va más allá del sitio de plantación, no deberían emplearse geotextiles que impidan su expansión.

Sustratos con agregados de tamaño mediano (Suelos Cornell)

Los sustratos con agregados de tamaño mediano utilizan una matriz de piedra angular que permitan la compactación a requisitos de alta carga (por ejemplo, 95% de densidad seca) mientras posibilitan el crecimiento de las raíces gracias a los vacíos de aire y suelo provistos en el espacio intersticial. Hay muchas versiones de esta combinación de piedra /mezclas de suelos.

Las principales diferencias entre ellos son:

- La proporción relativa de piedra y

suelo: dependiendo del tamaño de la piedra utilizada (25-35 mm; 50-100 mm), el suelo podría representar entre el 20% y el 35% de la mezcla.

- Tipo de piedra (agregado poroso vs. piedra densa como el granito). El incremento de la capacidad de absorción de agua compromete generalmente la capacidad de carga.
- Composición del elemento "suelo" añadido a la matriz de piedra: algunos combinan arcilla, arena y compost, otros usan solo arcilla.

- Uso de ingredientes complementarios, por ejemplo, gel de polímero de unión, gel hidrotentor,

estabilizador de suelo, etc.

Las ventajas del empleo de estos suelos puede resumirse en:

- Contar con un historial de implementación de más de 20 años lo que ha posibilitado efectuar pruebas comparativas entre un sustrato tradicional a base de arena, y sobre otro a base de un sustrato limoso, permitiendo establecer el impacto beneficioso sobre el crecimiento de los árboles del Suelo Cornell.
- Posibilitar una capacidad de carga efectiva para tránsito peatonal y vehicular liviano
- Tolerar un alto nivel de compactación (95% de densidad seca).
- Poder incorporarse a una estrategia de sistema sostenible de drenaje urbano.

Por otra parte sus desventajas serían:

- Presentar una mayor vulnerabilidad de los árboles a condiciones de sequía: el suelo estructural no retiene el agua de la misma manera que un suelo normal y drenan rápidamente. Esto necesitará ser contemplado en la elección de la especie.
- El tipo de piedra utilizada en la mezcla puede afectar el pH del suelo. Para mejores resultados, esto deberá tenerse en cuenta en la selección de especies y por lo tanto disminuirá las opciones disponibles
- La manipulación y la mezcla requieren buen conocimiento técnico y supervisión
- La rentabilidad de la técnica depende de la disponibilidad local de un buen tipo de piedra o agregado para ser utilizado en la mezcla.
- El suelo existente no será reutilizado, lo

que puede resultar en transporte costoso y costos de disposición.

El éxito en el empleo de este tipo de suelos radica en:

- Destinar una buena supervisión técnica desde el principio hasta el final de las obras. El entrenamiento del personal habilitado para la obra es un primer paso importante. Un minucioso control de calidad debe ejercerse para garantizar todos los procesos que no solo se traducen en especificaciones técnicas sino también en el cumplimiento de las mismas.
- El agregado de piedra utilizado en la mezcla tiene que ser angular y homogéneo en tamaño. Al igual que con la estructura a base de arena, buenas especificaciones y verificación in situ del tamaño y distribución del agregado utilizado es esencial.
- Uso de mezclas de piedra / suelo con piedras de mayor tamaño (> 50 mm) permiten una mayor proporción de suelo disponible en la mezcla (30%) y vacíos más grandes para el crecimiento radicular.
- El elemento suelo de la mezcla también necesita cumplir con las especificaciones. El nivel de humedad necesita monitoreo ya que la humedad excesiva puede crear compactación si se compacta con una placa vibratoria durante la instalación.
- Si se mezcla fuera del sitio, la mezcla de piedra /sustrato debe inspeccionarse cuidadosamente en la entrega para garantizar que el sustrato no este separado de la piedra.

- Se deben instalar mezclas de piedra / suelo y compactado en capas (desde

150-300 mm de profundidad, según el tipo de mezcla elegida).

- La parte inferior de la instalación necesita, previa compactación, la incorporación de algún elemento de drenaje que asegurará que el agua no se acumulará.
- La elección de la especie debe tener en cuenta el impacto de la piedra utilizada en el pH de los medios de

crecimiento (p. ej., usando piedra caliza dará como resultado condiciones algo alcalinas con un pH de aproximadamente 7.8-8.2 mientras que el granito, como en el sistema de Estocolmo, es menos probable que tenga un impacto en el pH del suelo).

Sustratos con esqueleto de piedra (Sistema de Estocolmo)

El "Sistema Estocolmo" es un sistema de enraizamiento de árboles en ambientes contruidos con grandes piedras donde se infiltran las aguas pluviales y se asegura que el intercambio gaseoso funcione. Un fuerte control sobre los trabajos de construcción y el programa de mantenimiento son la clave del éxito ".Björn Embrén, gerente de arboricultura de la Ciudad de Estocolmo."

Emulando las condiciones encontradas en los terraplenes ferroviarios de más de 15 años (es

decir, una vez que algo de materia orgánica se ha formado entre las rocas debido a la presencia de vegetación baja, permitiendo que las plántulas de árboles crezcan hasta constituirse en ejemplares adultos), el sistema prioriza el buen intercambio gaseoso y el crecimiento radicular entre los espacios vacíos merced a la provisión de abundante suelo franco.

Las investigaciones realizadas en Suecia, hasta ahora, sugieren que la descomposición

natural de las raíces combinada con los minerales encontrados en aguas superficiales

arrastradas por la escorrentía pueden cumplir con las necesidades nutricionales de los

árboles mientras tengan un buen acceso al oxígeno y espacio para que las raíces puedan crecer sin impedimentos, estimulando el crecimiento de los árboles.

El sistema se compone de una extensa base, hecha de grandes piedras angulares (granito, bloques de hormigón reciclado, etc. de 100-150 mm de tamaño), cubierto con una capa de aireación (granito lavado 63-90 mm).

El suelo se dispone sobre la base de piedra después de que haya sido compactada, y antes de la instalación de la capa de aireación. También se incluye un fertilizante de liberación lenta para estimular el crecimiento del árbol en su primera etapa de desarrollo. El camino o la acera superficial y su subrasante están instalados sobre una capa de geotextil colocada en la parte superior de la capa de aireación.

La capa de aireación está conformada por un hoyo cubierto por una rejilla. La diferencia de temperatura entre el aire por encima y por debajo del suelo permite que se lleve a cabo el intercambio de gases. El sistema de aireación se utiliza también para dirigir la escorrentía del agua superficial hacia la cama de plantación. Esto proporciona acceso al agua para el árbol mientras mejora la efectividad del sistema de aireación (el agua expulsa el CO₂, evitando el riesgo de acumulación y envenenamiento de la raíz). La capa de aireación también ayuda a la retención de humedad durante la estación cálida a través de la condensación. Los pozos de aireación están equipados con un colector de arena / limo para permitir su limpieza periódica.

El último desarrollo del sistema incorpora productos para ayudar a retener agua y nutrientes así como filtrar contaminantes.

Las ventajas que representa el empleo de este sistema de suelos pueden sintetizarse en:

- Alta capacidad de carga, incluyendo resistencia a fuerzas laterales (tránsito vehicular, incluidos vehículos más pesados como autobuses).
- Los detalles de construcción son similares a los utilizados para la sub base de superficies duras y por lo tanto más fácilmente adoptados por la industria.
- Está diseñado para recibir escorrentía de agua superficial.
- Brinda la posibilidad de modernizar alrededor de árboles existentes, incluidos los maduros.

En contrapartida las limitaciones de este sistema son:

- Tiene pocos años de implementación y desafía conocimiento popular sobre la importancia del suelo y los requerimientos del árbol para acceder a los nutrientes. Buenos resultados se han observado hasta ahora en Suecia, así como en los Estados Unidos, pero se requiere de más casuística.
- Los costos de instalación son altos. Esto es en gran parte debido al tiempo requerido para preparar el suelo base de piedra.
- En áreas donde el suministro adecuado de piedras no está disponible, los costos pueden ser muy importantes.
- El suelo existente no será reutilizado, lo que puede resultar en transporte costoso y costos de disposición.

El uso más apropiado para este sistema de suelos se ubica en:

- En paisajes duros con fuertes requisitos de carga, donde es factible

construir zanjas continuas como

73
plazas, o calles donde las aceras

estrechas requieren la expansión de la zona de las raíces debajo de la calzada.

- En paisajes duros con árboles existentes mostrando signos prematuros de declinación.
- En paisajes duros donde el manejo del agua y la plantación de árboles deben ser provistos

El sistema de Estocolmo no es técnicamente complicado pero requiere rigurosidad en su implementación, con una buena supervisión técnica desde el principio hasta el final de los trabajos. Capacitar al personal encargado de la construcción es un primer paso importante para garantizar su éxito, además se debería:

- Estimar durante el diseño del proyecto, el agua necesaria durante la temporada de crecimiento para asegurar que el volumen de escorrentía de agua superficial a ser dirigido a la cama de siembra será suficiente. La consideración del drenaje, también se requiere la instalación de un drenaje de desbordamiento para conectar la instalación a la alcantarilla.
- Al desarrollar las especificaciones, se debe prestar gran atención a la clasificación de piedra. Si las fracciones de piedra que se utilizan no son de los tamaños indicados, no quedarían huecos para que las raíces se extiendan una vez la tierra se incorpora. Verificar que la calidad del material entregado cumple con las especificaciones indicadas, resulta ser de suma importancia.
- Se debe tener cuidado para evitar el uso de una mezcla de tierra con una

arcilla con demasiado alto contenido de materia orgánica ya que esto lleva a problemas con el riego del suelo en el sistema durante la instalación. En Estocolmo, las partículas finas de suelo de menos de 0,02 mm se mantienen por debajo del 8% de toda la mezcla, mientras que la materia orgánica no es superior al 2-4%. Inicialmente, la fracción orgánica no estaba incluida en la mezcla del suelo dispuesto en la parte inferior de la incorporación del material sino solamente en los 400 mm superiores de la base de piedra. Sin embargo, los ensayos han revelado que, combinado con el sistema de aireación, la presencia de huecos en la base de piedra permite un efectivo intercambio gaseoso más profundo. El municipio de Estocolmo por lo tanto usa la misma mezcla de suelo (incluyendo una pequeña cantidad de materia orgánica) en todo el perfil base de piedra.

- Durante la construcción las piedras y la tierra no deben ser premezcladas. Primero se deberán disponer las piedras y estar completamente compactadas antes de regar el suelo. Este proceso debe llevarse a cabo capa por capa.
- Una membrana geotextil necesita ser colocada entre la capa de aireación y la calzada o subrasante para evitar cualquier asentamiento. Sin embargo, no debería haber geotextil o cualquier otra barrera entre la capa de aireación seca de piedra y el esqueleto mezcla de piedra / suelo para lograr el efectivo funcionamiento del sistema.

Sistemas de celdas

A diferencia de los suelos estructurales, este tipo de sistemas está conformado por técnicas patentadas y por lo tanto para su utilización se deben emplear exclusivamente productos comerciales que requieren proveedores especializados así como profesionales capacitados para la supervisión e instalación, condiciones que las hace, de momento, inaplicables en nuestro medio .

Los sistemas de celdas están constituidos módulos constituidos por estructuras celulares de plástico u hormigón que proporcionan capacidad de carga actuando como puente o bóveda, mientras el espacio así creado debajo de la superficie dura se llena con el sustrato apropiado para sostener el crecimiento del árbol.

El pavimento superficial y su sub-base se instalan sobre un geotextil que cubre la matriz de las células. Normalmente se instala un sistema de aireación a intervalos regulares durante la instalación para permitir un intercambio efectivo de gases. Las celdas se instalan sobre una subrasante compactada que contenga un sistema de desagüe.

La capacidad de carga y la durabilidad de tales sistemas dependerán del material utilizado para las células. Las cajas de plástico generalmente están hechas de polímero reforzado con fibra de vidrio, mientras que otros son de concreto.

Entre las ventajas del empleo de este sistema, se pueden indicar las siguientes:

- El componente estructural utiliza

aproximadamente un 10% del volumen subterráneo permitiendo que quede un 90% de suelo sin compactar para el desarrollo de las raíces.

- Proporciona una capacidad de carga efectiva para el tránsito ligero y de

baja velocidad (peatones, bicicletas, estacionamientos). La capacidad de carga mayor es ofrecida por sistemas de células de hormigón.

- Brinda una oportunidad de usar el sistema para mejorar la conducción de aguas superficiales.
- Posibilita el reutilizar algunos de los suelos existentes sujetos a análisis de suelo y medidas de mejora.

Entre las desventajas pueden citarse:

- Al igual que con los grandes sustratos esqueléticos de piedra y sistemas flotantes, las celdas a base de polímero son sistemas que solo se han utilizado desde hace poca más de una década. Si bien hasta ahora se han obtenido buenos resultados no hay evidencia disponible sobre el impacto en los árboles a lo largo del tiempo, y la durabilidad de las cajas. Los sistemas de hormigón han estado en uso por más tiempo (alrededor de 40 años), con buenos resultados
- No todos los diseños de celdas existentes tienen la posibilidad de ser de fácil remoción si esto fuese inevitable, así como también pueden ser inadecuados para su integración con

los servicios subterráneos.

- La flexibilidad para sortear obstáculos o ubicarse en zonas irregulares están restringidas a la modulación de las celdas. La instalación requiere la intervención de especialistas.
- Su costo es elevado y solo podría ser

utilizado en circunstancias muy especiales

Su utilización quedaría restringida a:

- Paisajes duros con fuertes requerimientos de carga: debajo de plazas, calles estrechas, aceras que

requieren la expansión de la zona raíz debajo del carril de estacionamiento de automóviles en la calzada, estacionamientos de superficie.

- Para proporcionar canales de salida para que las raíces de los árboles viarios puedan conectarse con volúmenes de suelo adyacentes como parques y zonas blandas de paisaje
- En paisajes duros donde se debe combinar el manejo del agua de superficie con la incorporación de árboles.

El éxito de este sistema dependerá de:

- Si el sistema se va a utilizar para

75
disminuir la escorrentía superficial de agua, es necesario dimensionar la instalación y el control de entrada y salida de los volúmenes que mantienen el suelo con una apropiada cantidad de agua.

- La selección del producto debe considerar una necesidad futura existente y potencial para acomodar instalaciones de servicios públicos
- Incorporación de cámaras de inspección a intervalos regulares para facilitar el mantenimiento futuro y evitar desenterrar toda la instalación si surgen problemas.

Instalación módulos sistema de Celdas

76

Sistemas flotantes

Los sistemas flotantes proporcionan una capa base que flota sobre el entorno de enraizamiento y debajo de los pavimentos, estacionamiento o aceras ayudando a distribuir la carga dinámica vertical en todo el ancho de la instalación.

Los sistemas flotantes también son destinados a proteger la superficie dura y proporcionar un espacio vacío lleno de aire facilitando y mejorando el intercambio de gases.

Al igual que los sistemas modulares, los

sistemas flotantes se basan exclusivamente en productos comerciales y se dividen ampliamente en dos categorías:

- Colchón de plástico en forma de panal (también llamados a veces alfombra anti-compactación, geocelda o sistemas de confinamiento celular) que se extienden sobre la zona de la raíz. Esto podría ser utilizado como protección temporal o medida de protección permanente.
- Baldosas de plástico poco profundas (80-150 mm en profundidad) que se montan juntas, ya sea a través del

pre-montaje o in situ, y anclado en el suelo. Esto tiende a ser usado más exclusivamente como solución permanente. La instalación estará parcialmente llena con una mezcla de sustrato, permitiendo para infiltración de agua para llevar más nutrientes a la zona radicular protegida.

Los beneficios de su empleo se vinculan con:

- Proporcionar una capacidad de carga efectiva para tránsito peatonal y ciclista y, para vehículos estacionados.
- Ayudar a proporcionar aireación y mejorar la capacidad de carga en esquemas que utilizan agregados a base de arena o sustratos de tamaño mediano
- Posibilidad de combinar el sistema con estrategias de drenaje sostenible. · Facilidad de instalación alrededor de

árboles maduros, sin tener que cavar en la zona de enraizamiento.

Mientras que las limitaciones del sistema lo constituyen:

- Los buenos resultados que se han observado hasta ahora se limitan a un período limitado de implementación lo que significa que no hay evidencia sobre el impacto a largo plazo y sobre la resistencia del sistema.
- Los sistemas tipo panal se han usado por más tiempo con buenos resultados, pero su capacidad de carga es más limitada.
- Mantener el acceso al área debajo del sistema flotante tiene un costo.

El uso de este sistema está orientado a su empleo:

- Debajo de plazas, plazas, aceras con tránsito de peatones medianos a altos
- Debajo de los estacionamientos (no todas los productos son adecuados para esto).

77

Protocolo para la selección de

ejemplares. Características deseadas en un

árbol de vivero

Es importante reconocer que la salud del árbol comienza con la forma en que el vivero cuida y atiende a sus nuevos árboles. Lo primero que debe notarse es la apariencia general de un árbol.

Un árbol sano tendrá los siguientes rasgos:

- Buen aspecto general, sin apariencia de maltrato.
- Sin signos de deficiencia de agua, como hojas amarronadas o con poca turgencia.
- Ausencia de cicatrices en el tronco y la madera de las ramas
- Ausencia de manchas o agujeros en las hojas que puedan indicar presencia de insectos
- Corteza uniforme que no está herida o manchada
- Sin ramas desgajadas o muertas · Presencia de un único líder superior bien

desarrollado y ubicado en la parte superior del tronco

Preparación del árbol en vivero

La salud de la raíz comienza con la forma en que un vivero arranca y prepara un árbol para el trasplante. Hay tres métodos principales

Árboles de vivero de raíz desnuda.

Los árboles de vivero de raíz desnuda son los menos costosos, también son los más pequeños. El término significa exactamente lo que dice: las raíces del árbol joven están desnudas y no están encerradas en ningún suelo o medio. Se arrancaron del vivero y poco después se prepararán para el envío manteniendo las raíces desnudas y colgantes

- Ausencia de líderes múltiples o codominancias.
- Conicidad por estrechamiento del tronco uniforme.
- Ramas bien distribuidas alrededor del tronco y espaciadas entre 20 y 30 cm de separación.
- Ángulos de inserción de las ramas amplios, evitando uniones en "V "

de fallas en los árboles de raíz desnuda ya que el impacto del trasplante a menudo no puede ser absorbido por el árbol joven. La mayoría de los viveros no recomiendan las raíces desnudas para aplicaciones de árboles individuales.

Árboles de vivero en terrón.

El método más común para arrancar y preparar árboles de vivero es el método del cepellón y arpillera. Estos árboles son de

Estos atributos indican la salud y condición estructural de la parte aérea de un árbol, restando por considerar que es lo que está pasando bajo tierra en el sistema radical, siendo más sencillo el corregir defectos estructurales que problemas subterráneos, considerando además que las raíces son cruciales porque anclan el árbol y proporcionan nutrientes y el paso del agua y nutrientes desde el suelo hasta el árbol y que por ende la sobrevivencia del ejemplar dependerá de su buen desarrollo y crecimiento.

que usan los viveros para preparar los árboles para la plantación permanente.

húmedas y encerradas en un ambiente fresco y húmedo. Los árboles de viveros con raíces desnudas se usan comúnmente cuando se realizan plantaciones múltiples como setos o hileras. Los viveros invierten tiempo y esfuerzo limitados en árboles de raíz desnuda. Esto se transfiere a economías de escala para grandes plantaciones. Pero hay una alta tasa

mayor calibre que las especies de raíz desnuda y tienen sistemas de raíces más establecidos. Se cultivan en campos o parcelas a plena tierra y luego se excavan sus raíces formando un cepellón que debe ser proporcional al tamaño del árbol. El cepellón envuelto en arpillera húmeda mantiene el sistema de raíces intacto y húmedo por más tiempo. El inconveniente

Árboles de vivero envasados.

Los árboles en contenedores generalmente son los árboles más saludables para plantar. Eso es porque el árbol comenzó su vida en un contenedor y sus raíces nunca fueron perturbadas. Estos árboles nunca deberían presentar daños en sus raíces. Los árboles maduros en contenedores más grandes probablemente se hayan trasplantado de macetas progresivamente a medida que envejecieron. Pero mientras el árbol contenido no esté enraizado, se trasplantará fácilmente a su nueva ubicación.

Estado de la raíz del árbol de vivero

Para saber qué tan saludable es un árbol de vivero por las condiciones de sus raíces, son varios los aspectos principales a tener en cuenta.

Cualquiera de estos podría indicar un posible problema de salud:

Aclaración: este método no es utilizado en coníferas, latifoliadas perennes y también en algunas latifoliadas caducas.

para con este método es que cuando se arranca el árbol, gran parte del sistema raíz expandida se corta. Esto pone al árbol en estado de shock.

Es posiblemente el método más empleado pero debe contemplarse que su empleo no debe ser inmediato al momento de su recepción para garantizar buenos rendimientos en la consolidación de los ejemplares.

Los árboles de contenedores en los viveros generalmente son saludables, siempre que hayan tenido suficiente agua y nutrientes. Son más caros que los árboles con cepellón y arpillera, pero es probable que proporcionen un mejor retorno de la inversión al experimentar menos fallas y además ofrecen la posibilidad de que pueden acopiarse sin que se dañen, a condición de que se les proporcione un mantenimiento adecuado.

Las dimensiones del cepellón de raíz deben ser proporcionales a la altura del árbol.

Es raro ver un cepellón demasiado grande para el tamaño del tronco del árbol, pero demasiado pequeño es un signo de problemas. Como regla general, un tamaño

de raíz de 80 cm de diámetro debería tener un tronco de 6 a 8 cm de diámetro.

El cuello de la raíz es la masa superior de las raíces que se unen a la base del tronco a nivel del suelo. Las raíces superiores no deben estar a más de 2,5 cm por debajo o por encima del nivel del suelo para que prospere un árbol.

Si no se puede ver el cuello de la raíz en la parte superior del suelo o si está demasiado

arriba, eso es un signo de mala calidad.

Las raíces envolventes ocurren cuando un árbol es demasiado grande para su contenedor. La expansión hacia el exterior sin ningún lugar donde ir obliga a las raíces a rodear el contenedor buscando más espacio. Esta es una señal segura de que un árbol ha superado su contenedor y necesitará poda de raíz antes de ser trasplantado.

La dimensión del cepellón debería ser como mínimo de 2,5 veces el perímetro del tronco.

Otros factores para buscar árboles saludables en el vivero

La uniformidad del dosel es importante. Las ramas se distribuirán uniformemente y el

Transporte de árboles

Durante el transporte se deberá tener en cuenta como acomodar el nuevo árbol en la parte posterior de un camión ya que puede tener riesgos potenciales. Incluso una conducción lenta puede generar una suficiente fuerza del viento para despojar al ejemplar de sus hojas, desecarlas o inclusive romper las ramas.

Durante el transporte los arboles deberían estar debidamente protegidos, especialmente en lo que se refiere a la flecha (para los arboles con dominancia apical), la humedad del cepellón así como también para el resto del follaje, ya que los daños causados follaje estará bien distribuido. Esto dependerá un poco de la especie, así como de la estación en la que nos encontremos. Los cortes de poda también marcan la diferencia. Muchos árboles de vivero, especialmente los más viejos, pueden haber sido podados.

Un árbol adecuadamente podado tendrá ramas cortadas perpendicularmente a la longitud de la rama. Esto deja una exposición de corte redondo. Los cortes efectuados por

aficionados o descuidados realizados al ras del tronco parecerán oblongos, no son de apropiados.

Los árboles más grandes o delicados a menudo son entutorados para apoyo durante su formación. Este es otro signo de cuidado de calidad y tranquilidad de que se está obteniendo un buen árbol.

La prueba de flexión, es una forma simple y precisa de estimar la resistencia de la raíz y consiste en sostener la bola del cepellón o el contenedor y presionar sobre el tronco del árbol. Si la raíz se mantiene firme y el tronco se dobla o flexiona, es una buena señal, lo contrario ocurre si el tronco permanece rígido y las raíces flexionadas.

por el viento y el manejo brusco pueden arruinar fácilmente un árbol perfectamente sano y bueno.

Para especies con corteza muy delicada, o que sean muy sensibles a frío o calor se recomienda recubrir los troncos con algún material que permita la transpiración y evite los danos por rozamientos. Este recubrimiento puede permanecer en el árbol una vez plantado si la incidencia de la radiación es intensa en el emplazamiento definitivo del árbol.