

**REINSERTANDO EL ARBOL
EN LA CIUDAD DE CARACAS
CONSIDERACIONES PARA
LA REFORESTACIÓN EN EL
ENTORNO URBANO**

RESUMEN

La masiva destrucción del ambiente natural ocasionada por los efectos devastadores de los requerimientos de consumo ha repercutido en graves consecuencias ecológicas que han puesto en peligro la continuidad de la vida en el planeta. Mientras que estos efectos han llamado la atención de todos los estratos de la sociedad internacional, la cual clama por la ejecución de planes destinados al mejoramiento de la calidad ambiental de las ciudades, a través de la rehabilitación y creación de sistemas de espacios abiertos y la implementación de programas de arborización, en Caracas se profundiza el deterioro y pérdida de las áreas arboladas. Este artículo parte de la premisa de que únicamente con la selección y siembra de nuevas especies no se soluciona la base del problema, la cual radica en el entendimiento del porqué los árboles urbanos se desarrollan pobremente y son menos longevos que sus equivalentes en las zonas rurales. Por consiguiente, el mismo está destinado a aportar lineamientos y criterios para facilitar la comprensión de los factores que deben ser tomados en consideración para la puesta en práctica de planes exitosos de reforestación urbana.

ABSTRACT

The massive destruction of the natural environment caused by the devastating effects for consumption requirements has brought serious ecological consequences, which are endangering life continuity in the planet. While this effects have called the attention of the international society, who is claming for effective solutions to improve the environmental quality of the cities by rehabilitating and creating open spaces systems and executing reforestation programs, in Caracas is evident the deterioration and lost of the urban areas.

This article is based on the premise that only by selecting and planting new species the base of the problem will not be solved. This takes root in understand why urban trees do so poorly and die faster than their rural counterparts. Consequently, this intends to bring guidelines and criteria to facilitate de comprehension of the factors that should be taken into account for a successful reforestation program in urban areas.

Palabras clave: Arborización urbana. Factores ambientales. Criterios selectivos. Análisis de sitio

Key-words: Urban trees. Climate factors. Selection criteria. Site analysis.

Recibido: 22 de mayo de 2008
Aceptado: 2 de junio de 2008

"... Es evidente que, en nuestra vida diaria, la naturaleza no debe ser considerada como un lujo a disponer si es posible, sino como parte inherente e indispensable de nuestras necesidades biológicas..."

Frederick Law Olmsted, "Biography", J.E. Todd, 1982

(Traducción M. G. Ochoa González)

La masiva destrucción del ambiente natural ocasionada por los efectos devastadores de los requerimientos de consumo de las ciudades a lo largo del curso de las civilizaciones, sobre todo el consumo energético, ha repercutido en graves consecuencias ecológicas que han puesto en peligro la continuidad de la vida en el planeta. Estos se traducen en alarmantes niveles de contaminación, lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, calentamiento global, improductividad y erosión de suelos, eliminación de especies y daño irreparable de recursos no renovables, por nombrar algunos. Esta grave problemática ha llamado la atención de todos los estratos de la sociedad internacional, por lo que se ha producido un auge colectivo que clama por soluciones eficaces dirigidas al mejoramiento de la calidad ambiental del entorno urbano. A partir de la adopción de la Agenda 21¹, numerosas ciudades se han abocado a la ejecución de planes verdes que contribuyan a mitigar los impactos generados por la sociedad industrial, a través de la rehabilitación y creación de sistemas de espacios abiertos y la implementación de programas de arborización urbana.

Considerando que la mayoría de la población mundial habita en las ciudades, esta labor se dificulta. En las últimas cinco décadas, las poblaciones de determinadas ciudades de América Latina han crecido de manera explosiva, en particular las ciudades venezolanas donde en el año 2000 la población urbana alcanzó el 91% de la población total del país (Penzini, 2000), de los cuales aproximadamente 4.689.307 habitantes coexisten en el Área Metropolitana de Caracas (Rodríguez, 2000:15). El crecimiento demográfico descontrolado ha generado el menoscabo del balance de la relación entre el medio ambiente y el medio construido, resultando en una reducción considerable de la cantidad de espacios abiertos existentes. Esta pérdida de balance se puede claramente observar en la relación de sus áreas verdes con respecto al número de habitantes, la cual es de apenas 1 m²/habitante, muy por debajo de los 9 m²/habitante recomendados por la Organización Mundial de la Salud. Comparativamente con otras urbes latinoamericanas, Bogotá presenta una relación de 10 m²/hab., Curitiba de 50 m²/habitante y Ciudad de México en donde la relación se reduce a 1,94 m²/habitante (Benavides Meza, 1992). En las ciudades europeas la proporción de áreas verdes varía significativamente. Desde más de 60% de la superficie de Bratislava, hasta 5% en Madrid. Las grandes ciudades como París, Nueva York y Copenhague tienen una relación de 43 m²/hab., esta última también tiene 48 árboles de calle/Km. de vía municipal (Nilsson y Randrup, 1997).

Las cifras de la relación de área verde por habitante de la ciudad de Caracas corresponden a aquellas zonas equipadas como parques, por lo que no se incluyen en las mismas la superficie que abarca el Parque Nacional El Ávila y la Zona Protectora.

1/ La Agenda 21 fue firmada por los países participantes en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro, 1992. Este es un Plan de acción a favor del desarrollo sostenible.

Cabe destacar que la presencia de las áreas naturales protegidas es una notable contribución a la calidad ambiental de la ciudad, pero en ningún modo le resta importancia a la reducida cantidad de espacios abiertos y áreas no desarrolladas que revelan estas cifras, en conjunto con el evidente deterioro y la destrucción a de la que han sido objeto los árboles en el entorno urbano.

Es notable que a pesar de que los seres humanos damos por hecho la existencia de los árboles, recientes investigaciones han llamado la atención sobre un factor cuantitativo que añade peso al sentido perceptivo de la vulnerabilidad y potencial peligro de extinción en que se encuentran los espacios arbolados de los ambientes urbanos. Las cifras resultantes estiman que cuatro árboles mueren por cada uno que se replanta y que el promedio de longevidad de un árbol en la ciudad es de apenas siete años (Bassuk, 1991:10). En estudios presentados por Nilsson y Randrup en el XI Congreso Forestal Mundial (1997)², se estima que 50% de los árboles plantados en un ambiente urbano muere durante el primer año de haber sido plantados y comprobaron que el 34% de 480 árboles murieron en los dos años siguientes a su plantación. Si a estos resultados se le añade el crecimiento urbanístico descontrolado, los cambios frecuentes de uso de la tierra, la falta de espacio que hace tentador la utilización de espacios abiertos y terrenos baldíos para la construcción, incluyendo invasiones y desarrollos espontáneos, el incremento de la contaminación ambiental, la ausencia de mantenimiento, la reducción del nivel freático, el descontrol de enfermedades parasitarias, la culminación del ciclo de vida, la siembra de especies inadecuadas y la falta de políticas de reforestación, se puede determinar que a menos que el proceso se revierta y se tomen las previsiones y acciones necesarias nos encontramos en vías hacia una total desertificación de las áreas arboladas del Área Metropolitana de Caracas.

Este efecto se podría mitigar si se aplicaran planes concretos de arborización basados en criterios multidisciplinarios que incluyan aspectos físicos, bióticos, socio-culturales y lineamientos arquitectónicos y paisajísticos, que contemplaran mecanismos de implementación para hacer lo correcto desde el principio, incluyendo un análisis previo de las condiciones del sitio que permita satisfacer las necesidades básicas requeridas para el correcto desempeño de esas especies. Pareciera que la respuesta se encuentra en adoptar un enfoque multifacético que haga énfasis en:

1. Un mejor reconocimiento de cómo la infraestructura urbana afecta la arborización.
2. El diseño y la planificación de áreas verdes y estructuras acordes con los requerimientos de las especies arbóreas.
3. La creación de un marco de leyes jurídicas y ordenanzas urbanísticas que regulen la ubicación, dimensiones mínimas de áreas destinadas a la arborización, distancias de siembra y selección de especies arbóreas.
4. El desarrollo de técnicas de asesoramiento sobre las condiciones del sitio que permitan al profesional encargado de la reforestación elegir el espécimen apropiado que se ajuste a las limitaciones existentes en función de su adaptabilidad, desarrollo y crecimiento.

2/ El XI CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, se realizó en, Antalya, Turquía, del 13 al 22 de octubre de 1997.

5. El uso de prácticas que permitan modificar condiciones del sitio con la finalidad de mitigar los impactos producidos por estrés ambiental.
6. La creación de viveros forestales especializados en árboles urbanos.
7. El desarrollo de mejores técnicas de trasplante que reduzcan el alto porcentaje de riesgos de mortalidad que se produce mayoritariamente entre el primer y tercer año subsecuentes a la siembra.
8. La colocación de sistemas de riego y mantenimiento durante los primeros años de desarrollo.
9. La aplicación de técnicas de poda de formación apropiadas.
10. El respectivo control y tratamiento fitosanitario.
11. La instrumentación de programas educativos que creen conciencia en la población respecto a la importancia de la arborización urbana para la calidad de vida de la ciudad.

Es obvio que únicamente con la selección y siembra de nuevas especies arbóreas no se soluciona la base de un problema que radica en el entendimiento del porqué los árboles urbanos se desarrollan pobremente y son menos longevos que sus equivalentes en las zonas rurales. Por esta razón este artículo está destinado a aportar lineamientos y criterios que faciliten la comprensión de los factores que deben ser tomados en consideración para mejorar las condiciones en las cuales la arborización urbana sea llevada a cabo exitosamente. El mismo está dirigido a arquitectos, arquitectos paisajistas y planificadores urbanos, cuya competencia, a fin de cuentas, es el diseño y la construcción de ciudades saludables y placenteras.

NECESIDADES BÁSICAS DE LOS ÁRBOLES URBANOS

Todas las plantas requieren de seis necesidades básicas para poder desarrollarse correctamente: niveles apropiados de agua, nutrientes, luz, temperatura, oxígeno y dióxido de carbono. Si alguno de estos factores se encuentra por encima o por debajo del nivel óptimo, la especie declinará y eventualmente morirá. No todos estos factores deben estar presentes en el nivel requerido; sin embargo, para que la planta cumpla a cabalidad sus funciones es necesario que haya alcanzado un crecimiento y desarrollo satisfactorios. Cuando un árbol presenta déficit de crecimiento significa que experimenta algún grado de estrés el cual puede ser biótico, abiótico o la combinación de ambos. El estrés biótico es causado por plagas, enfermedades o parásitos, mientras que el abiótico es causado por carencias en el ambiente físico. Debido a que la mayoría de los árboles son insertados tardíamente en el ambiente urbano, presentan mayores niveles de estrés abiótico. El estrés abiótico es una de las principales causas de mortalidad de los árboles de la ciudad de Caracas, ya que por lo general se encuentran sembrados en franjas verdes entre calles y aceras, cuyas construcciones requieren de altos niveles de compactación. Una vez que los árboles son plantados en estas condiciones, su sistema radical se encuentra totalmente confinado en ambos sentidos. Adicionalmente, las ampliaciones de vías que reducen las dimensiones de las áreas verdes y la presencia de tuberías y servicios subterráneos contribuyen no sólo a limitar el crecimiento de las especies sino también el área disponible

para aireación, captación de agua y nutrientes. Esto trae como consecuencia que a pesar de que el sistema radical de la especie sea profundo, sus raíces intenten aflorar a la superficie en búsqueda de espacio, nutrientes y agua, produciendo obstrucción de sistemas de drenajes de recolección de agua de lluvia y el levantamiento de bases de infraestructura, lo que ha determinado la remoción de ciertos individuos (Ej. "Jabillo" *Hura crepitans*), talas y podas indiscriminadas. Altos niveles de compactación también generan problemas de drenaje, siendo ésta la razón fundamental de la mortalidad de una gran cantidad de especies arbóreas en ambientes urbanos, ya que pueden impedir la penetración del agua en el subsuelo o hacer que ésta se estanque afectando el sistema radical.

La restricción del crecimiento radical no es el único problema que confrontan los árboles en las ciudades. La pobreza de los suelos es también un factor determinante en la capacidad de desarrollo de las especies. Un suelo ideal está compuesto aproximadamente de 25% de agua, 25% de aire, 45% de material mineral y alrededor de 5% de materia orgánica (Craul, 1992:13). Los procesos de construcción a los que están sujetos los suelos urbanos tienden a modificar esta composición, lo que produce la infertilidad de los mismos. Las propiedades químicas de los suelos son más fáciles de manipular que las propiedades físicas. Éstas incluyen niveles de acidez o alcalinidad, el contenido de nutrientes y su disponibilidad para la planta, la capacidad de mantener los nutrientes y el reciclaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno entre el suelo y la vegetación.

El pH determina la capacidad de captación de nutrientes de una planta, la mayoría de las cuales necesitan de un pH neutro para su crecimiento. Los suelos urbanos tienden a tener un pH alcalino, debido a que la escorrentía superficial de calles, aceras y desechos de construcción combinada con piedra caliza eleva estos niveles. Contrariamente, la escorrentía superficial de áreas contaminadas de materia orgánica y botaderos de basura tiende a transformar los suelos en ácidos. Los niveles pueden ser alterados a través de simples mecanismos tales como inclusión de cal para aumentar el pH o la colocación de abono químico con alto contenido de nitrógeno para reducirlo.

Con respecto a los nutrientes, los suelos urbanos tienden a ser pobres en elementos indispensables para el desarrollo y crecimiento de la vegetación. Los suelos fértiles en su mayoría están compuestos químicamente en un 94% hasta un 99,5% de macro nutrientes como carbono, hidrógeno y oxígeno, los cuales son absorbidos por las plantas en mayor concentración y generalmente provienen del aire y del agua; el restante 6% hasta un 0,5% está compuesto por un remanente de macro nutrientes: nitrógeno, fósforo potasio, calcio, magnesio y azufre, y un grupo de micro nutrientes: hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, cloro y cobalto (Craul, 1992:36). Estos elementos se encuentran en diferentes proporciones según la composición mineral del suelo y las rocas y la capacidad de retención y almacenamiento del mismo.

Entre las funciones básicas de macro elementos específicos encontramos que el objetivo primordial del nitrógeno es estimular el crecimiento del árbol favoreciendo el desarrollo de los tallos, ramas y hojas e imprimiéndole al follaje un color verde oscuro. Cuando este nutriente no se encuentra en las cantidades adecuadas, los árboles pierden su capacidad de sintetizar la clorofila, mostrando un distintivo color amarillento. La falta de clorofila disminuye la capacidad de absorción del dióxido de carbono, luz y agua que son fundamentales para su crecimiento y desarrollo.

El fósforo estimula el desarrollo de las raíces y favorece la reproducción de las plantas. Su deficiencia se manifiesta en un pobre desarrollo y coloraciones bronceadas y rojizas de las hojas. De igual manera, el potasio influye sobre los procesos vitales de las plantas actuando en la formación y transporte de los azúcares y nutrientes. La escasez del mismo se observa en un amarillamiento y quemado de los bordes y puntas de las hojas (Muñoz y Tarazón, 1983:29). Los fertilizantes completos o de fórmulas completas disponibles en el mercado consisten en concentraciones variables de estos elementos por lo que las restricciones de estos nutrientes pueden ser fácilmente compensadas.

CONDICIONES EN LA SUPERFICIE

En la superficie las condiciones ambientales también pueden resultar igualmente agresivas. Los árboles han evolucionado en grupos donde se proveen de sombra mutuamente; sin embargo, la forma de hileras en que comúnmente son plantados en la ciudad con distancias aproximadas de 6 a 8 metros de separación los expone al calor y reflexión de la radiación proveniente de edificios, vehículos, concreto y asfalto. Estudios han determinado el aumento sustancial de las temperaturas en las ciudades con respecto a las zonas rurales, sobre todo en épocas de sequía donde la media de temperatura en la ciudad de Caracas en horas del mediodía puede llegar a alcanzar los 36°C. Este efecto, sumado a la reducción de los niveles de humedad y a la presencia de corrientes de aire seco, contribuye a la pérdida de agua de las hojas. Combinando este factor con las restricciones del sistema radical y vastas superficies de pavimento que limitan la captación de las precipitaciones, el déficit de agua puede resultar suficientemente severo para la supervivencia de la vegetación.

El estrés biótico se presenta tanto en el subsuelo como en la superficie. Las causas más comunes pueden ser parasitarias y no parasitarias, entre las primeras se encuentran las enfermedades producidas por bacterias, hongos, virus, nemátodos y ácaros. En el segundo grupo se encuentran las heridas causadas al árbol por otros mecanismos que propician la entrada de bacterias y microorganismos, los cuales destruyen los tejidos vegetales hasta causar su muerte (Hoyos, 1996:52). La mayoría de las causas pueden ser controladas, si se detectan a tiempo, con la aplicación de pesticidas destinados al agente patógeno específico y con control fitosanitario regular. Cabe destacar que la práctica funesta de pintar las bases de los troncos no impide que los insectos accedan al mismo, como popularmente se cree. Al contrario, limita la interacción de la corteza del árbol con el ambiente, esencial para el balance de todas sus funciones fisiológicas.

Los parásitos vegetales viven en mayor o menor grado a expensas de otra planta. Éste puede resultar absoluto o parcial. Una de las especies que mayor daño causa a los árboles es el Guatepajarito (*Loranthaceae*) el cual introduce sus raíces en el tronco del huésped para extraer el agua y la savia del mismo; sin embargo, como tiene hojas puede sintetizar la clorofila (Malaguti, 1997: 181). Éste se observa en lo alto de las copas, sobre todo cuando los árboles deciduos pierden su follaje, por el pequeño tamaño de sus hojas, las cuales contrastan con las del huésped. Esta especie puede llegar a afectar en gran manera la disponibilidad de nutrientes del mismo conduciendo a su destrucción. Lamentablemente, el mecanismo para eliminarla es a través de extracción manual; sin embargo, las especies de crecimiento lento y por ende productoras de maderas duras son menos susceptibles que aquellas de crecimiento rápido (Ej. Casia de Siam, *Cassia siamea*).

Por el contrario, las epifitas utilizan el árbol como soporte. En este grupo se encuentran las bromelias, orquídeas, helechos y malangas, las cuales no causan daño al árbol excepto cuando se incrementa su reproducción como en el caso de la Tiña (*Tillandsia recurvata*). Esta maleza en pequeñas cantidades no es dañina; no obstante, el descontrol de su reproducción puede llegar a sofocar el tronco, los brotes tiernos y las yemas productoras de hojas limitando la respiración y fotosíntesis necesarias para su supervivencia (Hoyos, 1996:56). Asimismo, el incremento reproductivo de esta especie es un indicativo de la presencia de elementos contaminantes en el aire ya que se nutre de ellos o de una situación de deterioro del árbol.

Consecuentemente, la contaminación ambiental es otro de los factores que puede contribuir al deterioro de los árboles. Las partículas en suspensión y sustancias nocivas presentes en el aire del entorno urbano son captadas por las hojas de los árboles, limitando la correcta síntesis de clorofila. A pesar de que la lluvia limpia las hojas, estos elementos caen en el área de captación de agua del árbol y penetran al subsuelo, modificando sus características químicas. Este cambio también se produce por la escorrentía de aguas negras y contaminadas.

Una vez asimilados los requerimientos básicos de la vegetación en conjunto con el análisis de las condiciones ambientales presentes en el contexto citadino, se puede seguir adelante con respecto a la instrumentación de planes apropiados de arborización. A pesar de que las causas del estrés biótico y abiótico pueden ser encontradas en la mayoría de las grandes ciudades, es necesario realizar un estudio exhaustivo de la zona a trabajar ya que el ambiente urbano presenta heterogeneidad de microclimas y condiciones tanto en el subsuelo como en la superficie. Estos cambios son claramente observables en las diferencias de crecimiento y desarrollo presentes entre árboles de la misma especie sembrados a corta distancia en una calle o avenida. Por consiguiente, un análisis exhaustivo de las limitaciones y oportunidades de cada área a sembrar determinará las bases para la correcta selección de la especie a plantar.

ANÁLISIS DE SITIO

1. Restricciones legales

Antes de comenzar los trabajos de siembra, poda o tala es indispensable conocer las restricciones legales presentes en la zona de afectación. En el área ambiental, son competencias propias de los municipios la protección del ambiente y la cooperación con el saneamiento ambiental, incluyendo la promoción y el fomento de parques y jardines, plazas y en consecuencia la arborización de su jurisdicción⁴. Una función específica, y que tiene que ver con la vigilancia y control de ilícitos ambientales, es el ejercicio de las funciones de policía ambiental, aunque algunos de ellos no se hayan capacitado para tal fin. Con respecto a esta materia, todas las infracciones son de orden público, lo que significa que las autoridades pueden actuar de oficio, es decir, sin que medie una denuncia. En el contexto de la Ley Penal del Ambiente⁵ no se establecen sanciones específicas para el que incurra en daños a la arborización. En el artículo 43, Título II, Capítulo III se incluye la pena con prisión de 1 a 3 años y multa de mil (1.000) a tres mil (3.000) días de salario mínimo a aquel que "... provoque la degradación o alteración nociva o deterioro de los suelos o su cobertura vegetal; la topografía o el paisaje por actividades mineras, industriales, tecnológicas, forestales, urbanísticas de cualquier tipo, en contravención de los planes de ordenación del territorio y de las normas técnicas que rigen la materia. Si el daño fuere gravísimo, la pena será aumentada al doble". Debido a lo general de este artículo, cada Municipio establece sus normas para realizar talas y podas y sanciones para quienes incurran en deforestación indiscriminada. Generalmente estas sanciones están dirigidas al reemplazo y/o la siembra de una cantidad de especies arbóreas establecidas por la Alcaldía, por lo que es necesario verificar según la zona cuales son las ordenanzas al respecto. Sin embargo, no existen regulaciones para la siembra de especies, permitiendo que se planten árboles no adecuados para las condiciones del sitio sólo por su disponibilidad en viveros. Debido a la falta de demanda de innumerables especies nativas y autóctonas adecuadas para las condiciones urbanas, los viveros comerciales se especializan en la propagación y venta de especies exóticas, generalmente de crecimiento rápido y raíces superficiales que son inadecuadas para el entorno urbano. Uno de los ejemplos más comunes es la siembra descontrolada de especies de *Ficus* cuyo sistema radical resulta sumamente agresivo, lo que ha ocasionado cuantiosos daños a estructuras y edificaciones. Este problema podría ser mitigado con la creación de viveros forestales en coordinación con los entes municipales.

2. Factores climáticos y microclimáticos

Según las unidades bioclimáticas de Holdridge, Caracas se encuentra dentro de la zona de vida de Bosque Seco Tropical (Ewel y Madriz, 1968:74), caracterizada por un promedio anual de temperatura que varía entre 22°C y 29°C y un promedio anual de precipitación de 819 mm (Troconis, 1995:18), presentando seis meses efectivamente secos y una temporada de lluvias entre los meses de mayo y noviembre, las cuales coinciden con los niveles de humedad relativa que varían entre un mínimo de 18% hasta un máximo de 100% con una media anual de 78% (Vila, 1963:26). Estos datos corresponden al Observatorio Cajigal; sin embargo, en el entorno urbano se modifican significativamente debido a la presencia de vehículos,

4/ Según la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (Gaceta Oficial G. O. N° 36.860 de 30/12/1999: "...Es de la competencia del Municipio el gobierno, administración y la gestión de las materias en cuanto concierne a de las condiciones de vida de la comunidad, entre otros muchos aspectos, las

siguientes áreas:... ordenación territorial y urbanística, patrimonio histórico, vivienda de interés social, turismo local, parques y jardines, plazas, balnearios y otros sitios de recreación, arquitectura civil, nomenclatura y ornato público, vialidad urbana, circulación y ordenación del tránsito vehículos y personas en vías

municipales, servicios transporte público urbano".

5/ Gaceta Oficial N° 4358 de fecha 3 de enero de 1992.

superficies asfaltadas, estructuras y edificaciones con fachadas de vidrio. Adicionalmente, los actuales cambios climáticos han generado la pérdida del balance de estas cifras prolongando la temporada de sequía y generando lluvias intempestivas con larga duración. Por esta razón, la selección de especies arbóreas para estas condicionantes deben ser tolerantes tanto a la sequía como a las inundaciones.

Otros de los factores que deben ser tomados en consideración son los niveles de insolación y patrones de sombra según la estación. A pesar de que existen especies que resisten sombra parcial, la mayoría de los árboles requieren de pleno sol, por lo que se debe realizar un estudio que incluya el uso del ábaco solar con respecto a las edificaciones y estructuras circundantes. El cambio de patrones de insolación puede determinar que se presenten diferencias de crecimiento entre especies homólogas plantadas de un lado de la calle con respecto a la acera de enfrente. Debido a que el viento es un moderador de la temperatura y la humedad, el estudio de la dirección y velocidad de las corrientes puede ser un factor determinante en el desarrollo de las especies. La presencia de superficies duras que reflejan los rayos solares ubicadas en dirección del paso de las corrientes de aire aumentan la temperatura y reducen la humedad atmosférica, por lo que en temporada de sequía inciden negativamente en la retención de agua de las hojas. Este efecto puede llegar a quemar ciertas especies, en especial palmas, a pesar de que la humedad del suelo se encuentre en los niveles adecuados.

3. Características del suelo

Entre los estudios de suelo lo más crítico es determinar el pH y la capacidad de drenaje del mismo. Por lo general, los suelos presentes en la ciudad de Caracas son gredosos con alto contenido de arcilla, lo que permite la retención de los nutrientes; sin embargo, esta característica también los hace más susceptibles a la compactación que los suelos arenosos o limosos. Agua retenida puede causar la mortalidad de los árboles de manera más rápida que cualquier otro estrés. La aparición de manchas con coloración gris o cobre puede determinar la pobreza del drenaje. De la misma forma, charcos de agua embolsados después de la lluvia puede ser un indicativo de que ésta no penetra en el subsuelo. Es por esta razón que se debe realizar un estudio de percolación cavando un hoyo entre las raíces, llenándolo de agua y tomando el tiempo en que esta drena. Si el tiempo de desagüe corresponde a menos de 3cm en una hora es necesario remediar cuanto antes el problema. Para mejorar las condiciones de drenaje y aireación se puede extraer con cuidado la tierra contenida entre las raíces y reemplazarla por tierra abonada; sin embargo, puede resultar un remedio temporal ya que los suelos fértiles tienden a tener mayor retención de agua que los suelos pobres. Las acciones para remediar esta situación contemplan la instalación de sistemas de drenaje, el cual se ejecuta introduciendo alrededor del perímetro exterior de las raíces (que suele ser el diámetro de la copa) tuberías de PVC de mínimo 4" de diámetro con pequeñas perforaciones y rellenas de piedra o grava. Éstas deben ser enterradas a ras del suelo y con suficiente profundidad para garantizar el drenaje del área de afectación, siempre que existan capas permeables en el subsuelo. Las tuberías pueden ser también utilizadas para que el riego y los

fertilizantes penetren hasta las capas inferiores. Este sistema debería ser implementado antes de la siembra del árbol para garantizar el drenaje y facilitar la disposición de agua y nutrientes. Otro de los factores que pueden limitar la percolación del agua es la existencia de estructuras y desechos de construcción, por lo se requiere excavar para determinar si pueden ser removidos. En caso de que estos estudios no sean la causa del problema, será necesario hacer un análisis químico del suelo para determinar los niveles de nutrientes y la presencia de contaminantes.

4. Vegetación existente

La identidad y condiciones de la arborización circundante puede resultar un indicativo de las condiciones ambientales presentes en la zona. La mayoría de las especies que se encuentran en el área de Caracas son resistentes a suelos escasos en nutrientes y condiciones extremas de sequía y humedad. Sin embargo, para alcanzar un desarrollo y crecimiento satisfactorio necesitan que ciertas condiciones se encuentren presentes. Por ejemplo el Naranjillo (*Bravasia integerrima*) puede crecer en suelos pobres pero crece más frondoso si estos son ricos en sustancias orgánicas. El Mijao (*Anacardium excelsum*), al que le debe su nombre la Urbanización Los Palos Grandes, necesita suelos arenosos con aireación favorable cuyo nivel freático sea poco profundo. Una de las causas de la eliminación paulatina de estos individuos se debe a la reducción del nivel freático producto de la construcción de vías y edificaciones. El Apamate (*Tabebuia rosea*) requiere humedad constante y suelos fértiles. Su presencia determina la retención de agua en el subsuelo incluso en temporada de sequía. De igual modo el Jabillo (*Hura crepitans*), profusamente sembrado en los albores de la Urbanización Las Mercedes, necesita de altos niveles de humedad (Hoyos, 1990). A pesar de que el confinamiento urbano limita el desarrollo y crecimiento de las especies, es fácilmente observable cuándo éstas se encuentran saludables y adaptadas al entorno; por esta razón se debe realizar un censo de especies y determinar las condiciones en que se encuentran en el área de estudio.

5. Factores estructurales

Es fundamental identificar los elementos estructurales presentes tales como edificaciones, calles, aceras, servicios, postes de iluminación, cables de alta tensión, avisos publicitarios, señales de tránsito y líneas de Metro, que pueden estar restringiendo físicamente el crecimiento y desarrollo tanto de la copa como las raíces del árbol. Para proceder a la selección de especies se debe estipular el volumen de tierra que se dispone para la siembra, la profundidad del área y las restricciones de altura y desarrollo de la copa del árbol. Es notable observar como ciertas especies arbóreas en la ciudad de Caracas se encuentran sometidas a talas y podas indiscriminadas debido a la falta de un estudio previo de las estructuras existentes y la selección errónea del ejemplar adecuado para estas condiciones.

6. Consideraciones funcionales

Las zonas urbanas tienden a presentar aglomeración y mezcla de usos en conjunto con alto tránsito automotor y peatonal. Los patrones de tráfico vehicular y peatonal deben ser considerados para establecer las características de área de plantío y la selección de especies. Estacionamientos y calles adyacentes a islas angostas de vegetación pueden crear daños en los troncos de los árboles. Paradas de autobuses y paso de camiones, por efecto de golpes y choques, pueden generar perjuicios a las ramas. Árboles cuyas semillas, frutos y flores crean conflicto con los usos presentes. Consecuentemente, el estudio de las actividades que se generan en zonas contiguas regulan las posibilidades de éxito de la arborización o la remoción de ciertos individuos que sean incompatibles con estos usos. Caracas es un muestrario de vegetación inapropiada en zonas conflictivas. Se pueden observar innumerables ejemplos a lo largo de la ciudad en donde la falta de educación, planificación y regulaciones ha propiciado la siembra de especies erróneas: vegetación con espinas adyacentes a aceras y árboles frutales en plazas y avenidas, por mencionar algunas. Por esta razón, pareciera obvio que la instrumentación de un plan consciente de arborización debe también incluir la remoción de especies y su sustitución por especies apropiadas para el contexto.

7. Dimensiones de las áreas de plantío

Investigaciones realizadas por el Departamento de Horticultura Urbana de la Universidad de Cornell calculan que para un árbol mediano, cuya copa abarque un diámetro de aproximadamente 6m, se necesita de un área de tierra de 3m x 3m y una profundidad de 1m. Lamentablemente, esta disponibilidad de espacio se restringe en el ambiente urbano, encontrándose además limitada por suelos compactados, aceras, calles y avenidas. Adicionalmente, el rango de crecimiento de un árbol en el trópico es significativamente mayor que sus homólogos en regiones estacionales, por lo que se requiere de áreas con mayores dimensiones y profundidad. La falta de espacio se traduce en un crecimiento pobre, lo que determina que algunos árboles urbanos no alcancen el desarrollo requerido para suplir sus funciones en el paisaje.

El Plan de Arborización Urbana llevado a cabo exitosamente en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá⁶ establece dimensiones según cuatro tipos de árboles: Tipo 1 con altura mayor de 20 metros, requiere de un área de 3m x 3m y una profundidad mínima de 1,50m; Tipo 2 con altura entre 10 y 20 metros, requiere de un área de 2,60m x 2,60m y una profundidad mínima de 1,50m; Tipo 3 con altura entre 5 y 10 metros, requiere de un área de 2,20m por 2,20m y una profundidad mínima de 1,20m, y Tipo 4, con altura menor a 5 metros, requiere de 1,10m x 1,10m y una profundidad mínima de 0,60m. Las dimensiones establecidas se requieren para espacio del sistema radical y captación de agua; sin embargo, eso no significa que la tierra debe permanecer expuesta a las condiciones del contexto. Para permitir la diversidad de actividades en la superficie, se les puede colocar rejillas de protección o alcorques a nivel de piso, los cuales deben ser adaptables para permitir el desarrollo del tronco y removibles para el mantenimiento.

6/ Datos tomados de JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ JOSÉ CELESTINO MUTIS, 1999.

Idealmente, los árboles deberían sembrarse en jardineras continuas para reducir las posibilidades de compactación, aumentar el volumen de tierra y aireación en el sistema radical. Este prototipo podría aplicarse a zonas residenciales pero en zonas de conflicto de usos y alto tránsito debe limitarse. En estos casos se crea una jardinera continua y el suelo se cubre con una superficie que permita la percolación del agua y a la vez que no requiera de compactación del suelo, por ejemplo ciertos materiales como el ladrillo y la piedra colocados sobre bases de arena, funcionan en ese sentido. Asimismo, nuevos experimentos realizados por el Profesor Peter Trowbridge, del Departamento de Arquitectura Paisajista de la Universidad de Cornell, han determinado las posibilidades de un compuesto que mezclado con la tierra permite la aireación reduciendo los niveles de compactación del suelo y permitiendo la estabilidad estructural del mismo. Las jardineras elevadas sobre el nivel del piso constituyen una mejor opción ya que no sólo reducen los posibles impactos sino que permiten la siembra de arbustos y coberturas que ayudan a retener la humedad del subsuelo. También debe tomarse en cuenta que al plantar los árboles en grupo se aumenta el área de sombra, se reducen los efectos causados por superficies reflectoras así como los posibles daños causados por el viento.

8. Selección de especies

El próximo paso para una estrategia exitosa de siembra es la selección de una especie arbórea apropiada para el sitio. En este rubro cabe destacar las innumerables contribuciones del Hermano Jesús Hoyos, el Profesor Leandro Aristiguieta y el Arquitecto Francisco Oliva Esteba, los cuales han realizado una extensa labor documentando las características generales y botánicas de los árboles venezolanos, así como también sus usos ornamentales. A pesar de estos esfuerzos, el énfasis en esta materia de los encargados de la reforestación urbana pareciera ser encontrar el árbol perfecto resistente al total de variables presentes en las condiciones ambientales del entorno urbano. Esta búsqueda ha generado grandes conflictos, ya que una vez que se comprueba el éxito de una especie, ésta se siembra con profusión sin tomar en consideración el futuro impacto ecológico en la zona y la biodiversidad. Actualmente, la selección se centra en el Pílón (*Andira inermis*), el cual ha sido utilizado en la renovación urbana llevada a cabo por la Alcaldía de Chacao en la Avenida Francisco de Miranda y sus calles colindantes (2002), el cual posee numerosas características para adaptarse a las condiciones del entorno; sin embargo, no se han considerado las causas colaterales que puede generar la inclusión del monocultivo. El árbol produce frutos purpúreos que al caer manchan las superficies, además, atraen murciélagos. Las poblaciones de este mamífero se reducen en el medio urbano por efectos del ruido y la contaminación; sin embargo, un aumento significativo de los mismos puede cambiar el ciclo ecológico de la zona.

El uso de monocultivos ha generado consecuencias nefastas en diversas regiones mundiales. Un ejemplo de esto fue la excesiva plantación del Olmo americano (*Ulmus americana*) en las calles y avenidas de la ciudad de Chicago, en donde en 1971 el 45% de la población total de árboles urbanos estaban representados por esta especie (Bassuk, 1991:12). Estos

fueron severamente contagiados por la enfermedad llamada Olmo Holandés (*Dutch elm disease*) que prácticamente arrasó con los cultivos. De manera similar, la mayoría de las especies de palmas comúnmente utilizadas en la reforestación urbana de la ciudad de Caracas, entre ellas el Chaguaramo (*Roystonea venezuelana*), se han visto infectadas por el crecimiento de la población del comúnmente llamado "gusano de la palma" (*Brassolis sophorae*), el cual ataca las hojas eliminándolas por completo. Según datos suministrados por el señor César Díaz, horticultor y presidente de la Asociación Venezolana de Palmas (AVEPALMAS) en el período 1993-1999, el aumento desproporcionado se debe al descontrol del uso de insecticidas y pesticidas destinados a erradicar el dengue que ha afectado el ciclo de las cadenas alimenticias presentes en las especies, en particular las avispas y ciertos pájaros que constituyen los depredadores naturales de este gusano. Estudios y aplicaciones han determinado que esta plaga se puede controlar con una mezcla de aplicación sistémica en el área de las raíces que contiene la síntesis de la molécula del tabaco. El objetivo es cambiar el sabor de las hojas, evitando que los gusanos se alimenten de ella. A pesar de estos avances, en Venezuela se sigue controlando a través de podas radicales y el retiro manual de grupos de especímenes, lo que ha limitado el uso de las palmas y en especial del Chaguaramo, considerado especie emblemática de la ciudad. Por esta razón, la selección de especies arbóreas debe incluir el estudio de la resistencia de los individuos a enfermedades, insectos, parásitos y malezas comunes en la ciudad y tener consciencia del respectivo control fitosanitario y mantenimiento que le destinarán a las mismas.

Considerando lo anteriormente expuesto se puede determinar que en las características intrínsecas de los árboles destinados a reforestar el entorno urbano se debe obviamente incluir la adaptabilidad a las condiciones ambientales existentes. Por consiguiente, se deben seleccionar aquellas especies resistentes a la sequía, capaces de adaptarse a suelos con bajo contenido de nutrientes, con sistema radical profundo y cuya forma física presente tronco recto con tamaño de copa que no genere conflictos con las actividades adyacentes. De igual manera, estas deben constituir por su follaje y floración un atractivo de la zona. Los árboles frutales deben relegarse de las áreas públicas. Otro factor que debe influir en la escogencia debe ser la velocidad de crecimiento y longevidad de la especie, los cuales están estrechamente ligados a su vulnerabilidad. Por lo general, las especies de crecimiento lento son más longevas que las que presentan un crecimiento rápido; a su vez, estas últimas son más susceptibles de padecer enfermedades y el ataque de insectos y plagas debido a que son productoras de maderas blandas. En consecuencia, es preferible seleccionar especies de crecimiento lento a mediano que se mantengan en buen desarrollo a largo plazo. Un ejemplo lo representan las especies de Tulipán africano (*Spathodea campanulata*) que fueron ampliamente sembradas en la ciudad a mediados de los años sesenta y con profusión en la Urbanización Altamira. Actualmente, estas especies se encuentran al final de su ciclo de vida, por lo que correspondería reemplazarlas por nuevas especies; sin embargo, los cambios de usos que ha experimentado la zona han reducido significativamente el área destinada a la arborización, por lo que deben realizarse remodelaciones y modificaciones en las estructuras de aceras y avenidas para dar cabida a la reforestación.

En relación con el tamaño del árbol al momento de la siembra resulta significativo mencionar que debería poseer una altura mínima de 4 metros para reducir las posibilidades de impactos; sin embargo, la carencia de viveros forestales y de técnicas de trasplante limitan la disponibilidad de contar con grandes cantidades de árboles de una misma especie con un desarrollo equivalente. A pesar de que mientras más pequeña sea la especie posee mayores posibilidades de adaptabilidad a las condicionantes del sitio, ésta es más propensa a que sea destruida por la acción humana. Esto es factible para áreas verdes y redomas viales pero tienen escasas posibilidades en zonas de alto tráfico, a pesar de que se coloque un cerco protector.

INSTRUMENTANDO PROGRAMAS EXITOSOS

A través del entendimiento de las necesidades básicas de los árboles, los factores ambientales existentes, las limitaciones del área y el entorno inmediato, la adaptabilidad de la especie y las modificaciones apropiadas en conjunto con técnicas de mantenimiento, control y riego, es factible y viable la instrumentación de un programa exitoso de arborización urbana y el mejoramiento de la calidad ambiental de la ciudad. Éste depende en gran manera del esfuerzo que se realice antes y a través de los períodos iniciales de siembra para reducir los costos a futuro destinados al mantenimiento. Es más fácil plantar un árbol correctamente que diagnosticar y remediar los problemas que se presenten cuando este se desarrolle pobremente. Un ejemplo de la factibilidad de la aplicación de políticas correctas y apropiadas para el desarrollo de un programa de este tipo, lo representa el programa que en la ciudad de Santa Fe de Bogotá adelanta el Jardín Botánico José Celestino Mutis, en el marco del Plan de desarrollo de la Alcaldía Mayor. Para su avance se redactó el Decreto 984, publicado el 26 de noviembre de 1998, el cual "reglamenta las competencias en materia de arborización y manejo silviculturales en el espacio público de la ciudad de Santa Fe de Bogotá" y cuyo objetivo es "definir competencias y procedimientos en materia de arborización urbana y manejo silvicultural de los árboles con fines paisajísticos en el espacio público del área urbana del Distrito Capital"⁷. Con una base legal, competencias definidas, un programa específico que establece lineamientos y criterios claros de aplicación de todos los aspectos relacionados con la arborización urbana y campañas educativas, la ciudad se ha convertido en un modelo a seguir en relación con las acciones para el mejoramiento de la calidad ambiental en ciudades latinoamericanas de países en vías de desarrollo.

Las ciudades deben ser compatibles con los árboles o nuestras pérdidas pueden ser mayores de lo que nos podemos imaginar. La arborización urbana debe ser un trabajo conjunto entre entes gubernamentales, empresas privadas y el ciudadano común. La misma debe involucrar a todos los estratos de la sociedad, por lo que debe contener campañas de educación y de concientización ambiental. Es nuestro deber como ciudadanos del mundo asentar las bases para la supervivencia de las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

BASSUK, NINA

1991
"Urban Trees" En The Public Garden, 6, pp.10

CRAUL, PHILLIP J.

1992
Urban Soil in Landscape Design
John Wiley & Sons, Inc

GIRARDOT, HERBERT

1992
Ciudades: Alternativas para una Vida Urbana Sostenible
Madrid: Atlas GAIA, Celeste Ediciones.

HENCHE E. D; JAMES D. O.
Y FORMAN T.T. R

1996
Landscape Ecology Principle in Landscape Architecture and Land Use Planning Harvard University, Graduate School of Design, Island Press, ASLA

HOYOS F., JESÚS

1996
Arborización y su Mantenimiento en Áreas Urbanas
Cuadernos Lagoven

1990

Los Árboles de Caracas
Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Monografía No 24

1994

Guía de Árboles de Venezuela
Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Monografía No 32

JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ
JOSÉ CELESTINO MUTIS

1999
"Lineamientos Básicos para el Diseño, la Plantación y el Mantenimiento de la Arborización Urbana"
Versión Preliminar, Alcaldía Mayor, Santa Fe de Bogotá D.C.

MALAGUTI, GINO

1997
Apuntes acerca de las Enfermedades de las Plantas, Causas y Control
Publicación de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela

MEROLA ROSCIANO,
GIOVANNA

1992
Vegetación y Medio Urbano
Fundación para la Conservación de los Árboles

MUÑOZ, B. y TARAZÓN, J.

1983
Arboles: como Plantarlos y Cuidarlos
Fundación para la Conservación de los Árboles

NILSSON, K. y RANDRUP, T.

1997
"Silvicultura Urbana y Periurbana"
Conferencias XI Congreso Forestal Mundial, Antalya, Turquía

PENZINI FLEURI, LUIS

2003
"El Reto en Planificación Urbana de la Alcaldía Metropolitana de Caracas"
En Inmobiliarios, <http://www.inmobiliarios.org/articulopenzini.htm>

RODRÍGUEZ, JUAN CARLOS

2000
"Descentralización, Metropolitanización y Gobiernos Locales en Venezuela. Los Gobiernos Metropolitanos en la Constitución del 99"
En ARGOS, 33, pp. 15
Revista de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Simón Bolívar