

*Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento, (Eds.). 1997.
Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. 17 - 38 pp.*

CAPÍTULO 2

Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano

DAVID J. NOWAK, JOHN F. DWYER¹ y GINA CHILDS²

Palabras claves: árboles urbanos, beneficios y costos, mantenimiento.

Resumen. Los árboles urbanos pueden proporcionar muchos beneficios a la sociedad y al medio urbano. Estos incluyen numerosos beneficios físicos - biológicos y sociales - económicos, como son mejor microclima y calidad del aire, acrecentamiento de la salud física y mental y mayor desarrollo económico. Al mismo tiempo que estos beneficios pueden ser significantes, hay también costos asociados con los árboles urbanos que deben ser reconocidos para desarrollar planes óptimos de manejo forestal urbano. Los planes de manejo y plantación cuidadosamente diseñados, pueden maximizar los beneficios de los árboles urbanos.

Key words: urban trees, benefits and costs, maintenance.

Abstract. Urban trees can provide many benefits to the urban environment and society. These include numerous physical/biological and social/economic benefits such as improved microclimate and air quality, enhanced physical and mental health, and increased economic development. While these benefits can be significant, there are also various costs associated with urban trees that must be recognized to develop optimum urban forest management plans. Carefully designed planting and management plans can maximize the benefits of urban trees.

1. Introducción

Con una apropiada planeación, diseño y manejo, los árboles urbanos pueden proveer un amplio rango de importantes beneficios para la sociedad. Sin embargo, justo si un buen manejo puede acrecentar los beneficios, un manejo inapropiado puede reducir beneficios e incrementar costos. No todos los beneficios pueden ser realizados en cada localidad, pero los objetivos de

¹ USDA Servicio Forestal, 5 Moon Library, SUNNY-CESF, Syracuse, N.Y. 13210.

² USDA Servicio Forestal, 845 Chicago Ave., Suite 225, Evanston, IL, 60202.

manejo pueden ser definidos para optimizar la mezcla de beneficios que son más importantes en un caso particular. El manejo efectivo incluye programas y esfuerzos sólidos de plantación para mantener, preservar y proteger los árboles existentes. El propósito de esta ponencia es explorar el amplio rango de beneficios y costos asociados con los árboles urbanos, enfocándola en los beneficios físicos - biológicos y sociales - económicos, y proporcionar guías para programas exitosos de plantación de árboles que optimicen sus beneficios y minimicen sus costos.

2. Beneficios y costos físicos/biológicos de los árboles urbanos

Los árboles urbanos pueden mitigar muchos de los impactos ambientales del desarrollo urbano: atemperan el clima; conservan la energía, bióxido de carbono y agua; mejoran la calidad del aire; disminuyen la escorrentía pluvial y las inundaciones; reducen los niveles de ruido, y suministran el hábitat para la fauna silvestre. En algunos casos, estos beneficios pueden ser parcialmente eliminados debido a los problemas provocados por los mismos árboles, tales como la producción de polen, emisiones de compuestos orgánicos volátiles que contribuyen a la formación de ozono, generación de basura y consumo de agua. A través de adecuada planeación, diseño y manejo de la vegetación, el medio físico urbano —y consecuentemente la salud y el bienestar de los habitantes urbanos— puede ser mejorado.

2.1. Modificaciones microclimáticas

Los árboles influyen al clima en un rango de escalas, desde un árbol individual hasta un bosque urbano en la entera área metropolitana. Al transpirar agua, alterar las velocidades del viento, sombrear superficies y modificar el almacenamiento e intercambio de calor entre superficies urbanas, los árboles afectan el clima local y consecuentemente el uso de la energía en edificios, así como el confort térmico humano y la calidad del aire. A menudo, una o más influencias climáticas de los árboles tenderán a producir un beneficio, mientras otras influencias contrarrestarán el mismo (Heisler *et al.*, 1995).

Los árboles afectan la corriente del viento alterando su dirección y velocidad. Las copas densas de los árboles tienen un impacto significativo sobre el viento, el cual casi desaparece dentro de aquellas de pocos diámetros y colocadas en la misma dirección; pero la influencia de los árboles aislados es más inmediata. (Heisler *et al.*, 1995). Numerosos árboles en el lote de una casa, en conjunción con los árboles en todas partes del vecindario, reducen la velocidad del viento significativamente. En un vecindario residencial de Pennsylvania central con 67% de cubierta arbórea, las velocidades del viento a dos metros sobre el nivel del suelo, fueron reducidas 60% en el invierno y 67% en verano, en comparación con velocidades del viento en vecindarios similares sin árboles (Heisler, 1990).

Los árboles también tienen una dramática influencia en la radiación solar que llega. En efecto, estos pueden reducir la radiación solar en 90% o más (v.g., Heisler, 1986). Algo de la radiación absorbida por la cubierta arbórea lleva a la evaporación y transpiración de agua de las hojas. Esta evapotranspiración baja la temperatura de las hojas, de la vegetación y del aire. A pesar de grandes cantidades de energía utilizada en la evapotranspiración en días soleados, los movimientos del viento dispersan rápidamente el aire enfriado reduciendo el efecto global. Abajo de árboles individuales o de pequeños grupos, la temperatura del aire, a 1.5 metros sobre el nivel del suelo, está usualmente dentro de un rango de variación de 1° C , en relación con la temperatura del aire en una área abierta (v.g., Souch y Souch, 1993). Junto con el enfriamiento por la transpiración, la sombra del árbol puede ayudar a enfriar el ambiente local, evitando el calentamiento solar de algunas superficies artificiales que están abajo de la cubierta arbórea (v.g., edificios, aires acondicionados) y estos efectos conjuntos pueden reducir la temperatura del aire hasta 5 ° C (Akbari *et al.*, 1992).

Aunque los árboles producen en el verano temperaturas más frescas del aire, bajo algunas condiciones, los árboles en un vecindario pueden incrementar la temperatura del aire en comparación con otro vecindario que tenga como cubierta vegetal principalmente pasto (Myrup *et al.*, 1991). Con cubiertas arbóreas dispersas, la radiación puede alcanzar y calentar superficies del suelo, sin embargo la cubierta arbórea puede reducir la mezcla atmosférica lo suficiente para evitar que el aire más frío llegue al área. En

este caso, la sombra y la transpiración del árbol pueden no compensar las temperaturas más altas del aire debido a la reducción de la mezcla (Heisler *et al.*, 1995). Es de esta manera que, los efectos combinados de los árboles sobre la radiación, viento y enfriamiento por la transpiración, afectan las temperaturas del aire y el clima.

Las bajas temperaturas del aire, pueden mejorar su calidad porque la emisión de muchos contaminantes disminuye con la disminución de las temperaturas del aire. Las bajas temperaturas del aire también afectan el O_3 fotoquímico, resultando en bajas concentraciones del ozono (Cardelino y Chameides, 1990). Además de proporcionar enfriamiento por transpiración, la masa física y las propiedades térmico - radiactivas de los árboles pueden afectar otros aspectos de la meteorología local y el microclima, tales como velocidad del viento, humedad relativa, turbulencia y las alturas de las capas térmicas limítrofes. Estos cambios también pueden alterar la concentración de contaminantes en áreas urbanas.

2.2. Conservación de la energía y el bióxido de carbono

Los árboles pueden reducir las necesidades de energía para calentar y enfriar edificios, sombreando edificios en el verano, reduciendo en esta estación las temperaturas del aire y bloqueando los vientos del invierno. Sin embargo, dependiendo de donde estén ubicados, los árboles también pueden incrementar las necesidades de calor en el invierno en los edificios sombreados por ellos. Los efectos de conservación de la energía por los árboles varían según el clima de la región y la ubicación de los árboles alrededor del edificio. Los árboles arreglados que ahorran energía, proporcionan sombra primariamente en paredes y techos orientados al este y oeste y en la dirección que protejan contra los vientos predominantes del invierno. El uso de energía en una casa con árboles, puede ser 20 ó 25% más bajo que en una casa similar en espacios abiertos (Heisler, 1986). Se ha estimado que, estableciendo 100 millones de árboles maduros alrededor de las residencias en los Estados Unidos, se podrían ahorrar dos billones de dólares, por la reducción en costos de energía (Akbab *et al.*, 1988).

La ubicación apropiada del árbol cerca de los edificios, es crítica para lograr los beneficios máximos de conservación de la energía. Por ejemplo, ha sido estimado que los costos anuales de aire acondicionado y calefacción para un hogar típico en Madison, Wisconsin, se incrementarían de \$671 con un diseño de eficiencia-energética de plantación, a \$700 sin árboles y \$769 con árboles plantados en lugares que bloqueen la luz del sol en invierno y provean poca sombra en el verano (McPherson, 1987). Una estrategia apropiada de manejo de árboles se convierte en cerca de un 4% promedio de ahorro anual.

Al alterar el uso de energía en los edificios, también en las plantas de energía eléctrica serán alteradas las emisiones de contaminantes atmosféricos y de bióxido de carbono (CO₂), un gas que produce efecto de invernadero. Además de alterar las emisiones de CO₂ de las plantas de electricidad, los árboles urbanos también pueden reducir el CO₂ atmosférico almacenando directamente carbón (del CO₂) en su biomasa, en tanto el árbol crece. Los árboles grandes, mayores de 77 cm de diámetro, almacenan aproximadamente 3 toneladas métricas de carbón, 1,000 veces más carbón que aquel almacenado por árboles pequeños, menores a 7 cm de diámetro (Nowak, 1994a). Los árboles sanos continúan fijando carbón adicional cada año; los árboles grandes y vigorosos fijan cerca de 90 veces más carbono anualmente que los árboles pequeños (93 kg C/año vs 1 kg C/año) (Nowak, 1994a).

Aunque los árboles remueven el CO₂ de la atmósfera, los lazos entre el manejo de árboles urbanos y los niveles de CO₂ son complejos. En muchas actividades de mantenimiento de árboles se usan combustibles fósiles que emiten CO₂ a la atmósfera. Una vez que los árboles mueren, el carbón almacenado será liberado de regreso a la atmósfera vía su descomposición. Los árboles ubicados impropriamente alrededor de los edificios, pueden incrementar las demandas de energía y, en consecuencia, las emisiones de CO₂. De esa manera, cuando se evalúa la influencia global de los árboles sobre los niveles del CO₂ atmosférico, necesitan ser considerados numerosos factores tales como el uso de combustibles fósiles en el manejo de la vegetación, el ciclo del carbono del árbol y las emisiones de CO₂ de las plantas de luz.

2.3. Calidad del aire

Los árboles influyen en la calidad del aire alterando el microclima, alterando el uso de energía en los edificios y, en consecuencia, las emisiones de las plantas de luz, removiendo contaminación del aire y emitiendo compuestos orgánicos volátiles que pueden contribuir a la formación de ozono. (Nowak, 1995). El efecto acumulativo de estos cuatro factores determina el impacto global de los árboles urbanos sobre la contaminación del aire.

Remoción de contaminantes del aire. Los árboles remueven la contaminación de gases del aire, primariamente tomados a través de los estomas de las hojas, aunque algunos gases son removidos por la superficie de la planta (Smith, 1990). Una vez que están dentro de las hojas, los gases se difunden dentro de los espacios intercelulares y pueden ser absorbidos por películas de agua para formar ácidos o reaccionar en las superficies internas de las hojas. Los árboles también eliminan contaminación interceptando partículas transportadas por el aire. Algunas partículas pueden ser absorbidas dentro del árbol (v.g., Ziegler, 1973; Rolfe, 1974), aunque la mayoría de las partículas interceptadas son retenidas en la superficie de la planta. Las partículas interceptadas, subsecuentemente pueden volver a estar suspendidas en la atmósfera, lavadas por la lluvia, o caer al suelo con las hojas y ramillas (Smith, 1990). Consecuentemente, la vegetación es a menudo solamente un sitio de retención temporal para las partículas atmosféricas.

Ha sido estimado que, en 1991, los árboles de Chicago removieron de la atmósfera aproximadamente 15 toneladas métricas de monóxido de carbono (CO), 84 t de dióxido de azufre (SO₂), 89 t de dióxido de nitrógeno (NO₂), 191 t de ozono (O₃) y 212 t de partículas menores de 10 micrones (PM₁₀). A través de la región de Chicago, en los condados de Cook y DuPage, los árboles removieron una cantidad estimada de 5,575 t de contaminantes. Durante la estación con hojas (cuando los árboles las tienen), la contaminación removida a través de la región de Chicago promedió 1.1 toneladas métricas/día de CO, 3.7 t/d de SO₂, 4.2 t/d de NO₂, 8.9 t/d de PM₁₀ y 10.8 t/d de O₃. El valor estimado de la remoción de contaminación en 1991,

fue de \$ 1 millón de dólares por los árboles de la ciudad y \$ 9.2 millones de dólares a través de la región de Chicago (Nowak, 1994b).

La mejoría promedio por hora (en estación con hojas en los árboles) en la calidad del aire, debido a todos los árboles en la región de Chicago, tuvo un rango desde 0.002% para CO a 4% para PM₁₀. El mejoramiento máximo estimado por hora fue 1.3% para SO₂ y, aunque localizada, la mejoría de la calidad del aire al corto plazo puede ser 5 a 10% mayor en áreas con alta cobertura arbórea. En 1991, los árboles sanos y grandes (con diámetro a la altura del pecho mayor a 77 centímetros) removieron aproximadamente 1.4 kg de contaminación, aproximadamente 70 veces más que los árboles pequeños (menos de 7 cm de diámetro a la altura del pecho) (Nowak, 1994b).

Emisión de compuestos orgánicos volátiles. Algunos árboles emiten a la atmósfera compuestos orgánicos volátiles (COV), tales como el isopreno y monoterpenos. Estos compuestos son sustancias químicas naturales de las que se obtienen aceites esenciales, resinas y otros productos de las plantas; pueden ser útiles en atraer polinizadores o repeler depredadores (Kramer y Kozlowski, 1979). Las emisiones de COV de los árboles varían con las especies, temperatura del aire y otros factores ambientales (v.g., Tingey *et al.*, 1991; Guenther *et al.*, 1994).

Las emisiones de COV por los árboles pueden contribuir a la formación de O₃ (Brasseur y Chatfield, 1991). Sin embargo, las emisiones de COV son dependientes de la temperatura y los árboles generalmente reducen las temperaturas del aire; se cree que una cobertura arbórea aumentada reduce las emisiones globales de COV y, consecuentemente, los niveles de O₃ en las áreas urbanas (Cardelino y Chameides, 1990).

2.4 Hidrología urbana

Al interceptar y retener o disminuir el flujo de la precipitación pluvial que llega al suelo, los árboles urbanos (conjuntamente con los suelos) pueden jugar una importante función en los procesos hidrológicos urbanos. Pueden reducir la velocidad y volumen de la escorrentía de una tormenta, los daños por inundaciones, los costos de tratamiento de agua de lluvia y los problemas de calidad de agua. La escorrentía estimada para el evento de una tormenta

en Dayton, Ohio, mostró que la cubierta arbórea (22%) redujo la escorrentía potencial 7% y un incremento modesto de cubierta arbórea (al 29%) reduciría la escorrentía en cerca del 12% (Sanders, 1986).

Al reducir la escorrentía, los árboles funcionan como estructuras de retención / detención que son esenciales para muchas comunidades. La escorrentía disminuida debido a la intercepción de la lluvia, puede también reducir los costos de tratamiento de aguas de tormentas en muchas comunidades, reduciendo el volumen de agua torrencial para ser manipulada durante los periodos pico (máximos) de escorrentía (Sanders, 1986). Para optimizar estos beneficios hidrológicos, la cubierta arbórea debe ser incrementada en donde está relativamente baja y en donde hay extensas superficies de suelo impenetrables, ya que la escorrentía hace un embudo en las cañerías, drena los estanques y otras estructuras que tienen una capacidad limitada para manejar los picos de agua durante la tormenta.

También hay costos hidrológicos asociados con la vegetación urbana, particularmente en ambientes áridos donde el agua escasea crecientemente. El incremento en el uso del agua, en las regiones desérticas, tiene el potencial de alterar el balance local de agua y varias funciones del ecosistema que están enlazadas al ciclo del agua del desierto. Además, los costos anuales de agua para sostener la vegetación, pueden ser dos veces mayores que los ahorros de energía generados por la sombra de los árboles, cuando se tienen especies con alto consumo de agua, como la morera, (McPherson y Dougherty, 1989). Sin embargo, en Tucson, Arizona, 16% de los requerimientos anuales de irrigación de árboles fue compensado por el agua conservada en las plantas de luz, debido a los ahorros de energía proporcionados por los árboles (Dwyer *et al.*, 1992).

2.5. Reducción de ruido

Pruebas de campo, han demostrado que las plantaciones de árboles y arbustos diseñadas apropiadamente pueden reducir de manera significativa el ruido. Las hojas y ramas reducen el sonido transmitido, principalmente dispersándolo, mientras el suelo lo absorbe (Aylor, 1972). Para la reducción óptima del ruido, los árboles y arbustos deberían ser plantados cerca del

origen del ruido y no cerca de la área receptora (Cook y Van Haverbeke, 1971). Cinturones anchos (30 m) de árboles altos y densos, combinados con superficies suaves del suelo pueden reducir los sonidos aparentes en 50% o más (Cook, 1978). Para espacios de plantación angostos (menos de 3 m de ancho) la reducción del ruido de 3 a 5 decibeles, puede ser lograda con cinturones de vegetación densa, de una hilera de arbustos al lado del camino y una hilera de árboles atrás (Reethof y McDaniel, 1978). Plantaciones de amortiguamiento, en estas circunstancias, son más efectivas típicamente para ocultar vistas que para reducir el ruido.

La vegetación también puede ocultar ruidos generando sus propios sonidos, por el viento que mueve las hojas de los árboles o los pájaros que cantan en la cubierta arbórea. Estos sonidos pueden hacer que los individuos estén menos conscientes de los ruidos ofensivos, porque la gente es capaz de filtrar los ruidos indeseables mientras se concentra en los sonidos más deseables y escuchará selectivamente los sonidos de la naturaleza más que los sonidos de la ciudad (Robinette, 1972). La percepción humana de los sonidos es también importante. Debido al bloqueo visual del origen del sonido, la vegetación puede reducir la percepción de la cantidad de ruido que los individuos realmente escuchan (Miller, 1988). En última instancia, la efectividad de la vegetación para controlar ruidos está determinada por el sonido mismo, la configuración de la plantación considerada y las condiciones climáticas.

2.6. Beneficios ecológicos

Muchos beneficios adicionales están asociados con la vegetación urbana y contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas urbanos a largo plazo y al bienestar de los residentes urbanos. Éstos incluyen el hábitat de la fauna silvestre y la biodiversidad enriquecida. Aunque el hábitat de la fauna es visto a menudo como benéfico, bajo algunas circunstancias pueden haber problemas y costos asociados a la fauna silvestre, como los daños a plantas y estructuras, excrementos, amenazas a las mascotas y transmisión de enfermedades.

Las encuestas han encontrado que la mayoría de los habitantes de la ciudad gozan y aprecian la fauna en sus vidas diarias (Shaw *et al.*, 1985). Además, la creación y enriquecimiento del hábitat usualmente aumenta la biodiversidad y complementa muchas otras funciones benéficas de los bosques urbanos (Johnson *et al.*, 1990). Debido al aumento de la conciencia ambiental y el interés por la calidad de vida, es posible que se incremente la significancia de los beneficios ecológicos con el tiempo (Dwyer *et al.*, 1992).

3. Beneficios y costos sociales-económicos de los árboles urbanos

Aunado a los numerosos beneficios y costos asociados con los efectos de los árboles en el medio, los árboles también tienen efectos significativos en el medio social-económico de una ciudad. Estos beneficios y costos frecuentemente son mucho más difíciles de medir y cuantificar, pero son justo tan importantes como los beneficios de los árboles urbanos, o más importantes.

3.1. Beneficios económicos de ambientes deseables

La presencia de árboles y bosques urbanos puede hacer del ambiente urbano un lugar más placentero para vivir, trabajar y utilizar el tiempo libre. Los estudios de preferencias y conducta de los habitantes urbanos confirman la fuerte contribución que los árboles y los bosques hacen a la calidad de vida urbana. Los bosques urbanos facilitan el uso del tiempo en exteriores (al aire libre) y dan oportunidades de recreación; la contribución total de los árboles, parques urbanos y áreas recreativas, al valor total de experiencias de recreación proporcionadas en los Estados Unidos, podría exceder \$ 2 billones (Dwyer, 1991).

Debido a que los árboles y bosques pueden incrementar la calidad del medio urbano y hacer más atractivo el tiempo libre empleado ahí, puede haber un ahorro substancial en la cantidad de combustible vehicular usado, porque la gente no necesita manejar tan lejos para llegar a sitios de recreación. Pero también hay costos económicos directos asociados a los árboles urbanos; que incluyen costos de plantación, mantenimiento, manejo y

remoción, así como costos por daños de ramas grandes que caen y banquetas quebradas por las raíces de los árboles.

3.2. Salud mental y física

La disminución de la presión (estrés) y el mejoramiento de la salud física de los residentes urbanos han estado asociados con la presencia de árboles y bosques urbanos. Los estudios han mostrado que los paisajes con árboles y otra vegetación, producen estados fisiológicos más distendidos en los humanos que los paisajes que carecen de estas características naturales. Ha sido demostrado comparativamente que los pacientes de hospital con vistas de árboles desde las ventanas, se recuperan significativamente más rápido y con pocas complicaciones que los pacientes sin esas vistas (Ulrich, 1984).

Los ambientes de bosques urbanos proveen entornos estéticos, aumentan la satisfacción de la vida diaria y dan mayor sentido, de relación significativa, entre la gente y el medio natural. Los árboles están entre las características más importantes al contribuir a la calidad estética de calles residenciales y parques comunitarios (Schroeder, 1989). Las percepciones de calidad estética y seguridad personal están relacionadas a las características del bosque urbano, tales como el número de árboles por acre y distancia visual (Schroeder y Anderson, 1984). Los árboles y bosques urbanos, proveen experiencias emocionales y espirituales significativas que son extremadamente importantes en la vida de la gente y pueden conducir a un fuerte arraigo a lugares particulares y a los árboles (Chenoweth y Gobster, 1990; Dwyer *et al.*, 1991; Schroeder, 1991).

Aun cuando sea vista desde la ventana de una oficina, la naturaleza cercana puede proporcionar beneficios psicológicos substanciales, afectando la satisfacción del trabajo y el bienestar (Kaplan, 1993). Ha sido demostrado que las experiencias en los parques urbanos ayudan a cambiar estados de ánimo y a reducir la presión (Hull, 1992). Adicionalmente, la sombra de los árboles reduce la radiación ultravioleta y de esa manera puede ayudar a reducir problemas de salud (v.g., cataratas, cáncer de piel) asociados con el incremento en la exposición a la radiación ultravioleta (Heisler *et al.*, 1995).

Aunados a los beneficios, algún decremento en el bienestar e incrementos en costos de cuidados de la salud, pueden estar asociados con la vegetación urbana. Este lado negativo de los árboles urbanos puede estar relacionado con reacciones alérgicas a las plantas y al polen o también a animales e insectos, así como el miedo a los árboles, bosques y ambientes asociados.

3.3. Valores de la propiedad

El valor de ventas de las propiedades reflejan el beneficio que los compradores asignan a los atributos de las mismas, incluyendo la vegetación en o cerca de la propiedad. Una encuesta sobre venta de casas unifamiliares en Atlanta, Georgia, indicó que el arreglo de casas con árboles está asociado con un aumento de 3.5 a 4.5% del valor de venta (Anderson y Cordell, 1988). Los constructores han estimado que los hogares con lotes arbolados se venden un promedio de 7 por ciento más caro, que aquellas casas equivalentes sin arbolado (Selia y Anderson, 1982; 1984). El incremento del valor de las propiedades generado por los árboles, también produce ganancias económicas para la comunidad local a través de impuestos prediales. Un incremento estimado conservadoramente del 5% en el valor de una propiedad residencial debido a los árboles, se convierte en \$ 25 por año en una boleta predial de \$ 500 y es equivalente a \$1.5 millones por año, basado en 62 millones de hogares unifamiliares en los Estados Unidos (Dwyer *et al.*, 1992). Sin embargo, desde la perspectiva del dueño del hogar, el aumento de pago de impuestos debido a los árboles es un costo adicional.

Los parques y corredores verdes han estado asociados con el incremento en el valor de las propiedades residenciales que están cercanas (Corrill *et al.*, 1978; More *et al.*, 1988). Algunos de estos valores incrementados han sido substanciales y parece que los parques con "carácter de espacio abierto" agregan el más alto valor a las propiedades cercanas. Potencialmente —sin embargo, está para ser investigado— los parques pueden tener un impacto negativo en los valores de la propiedad local, si el parque es percibido sin mantenimiento, o en un lugar que concentra actividades criminales indeseables. Los centros comerciales también a

menudo arreglan sus entornos en un esfuerzo por atraer compradores, y en consecuencia, incrementan el valor de los negocios y del centro comercial (Dwyer *et al.*, 1992). Sin embargo, un arreglo impropio de las áreas de negocios puede bloquear sus señales y tener un impacto negativo.

3.4. Desarrollo económico local

Los bosques urbanos hacen amplias contribuciones a la vitalidad económica de una ciudad, vecindario o subdivisión (fraccionamiento). Aunque esto es difícil de cuantificar, aparentemente no es accidente que muchas ciudades y pueblos hayan obtenido su nombre por los árboles (v.g., Oakland, Elmhurst) y muchas ciudades luchan para ser la "Ciudad Árbol USA". Los árboles pueden dominar el ambiente de la ciudad y contribuir significativamente al carácter de la misma. Los programas de acción comunitaria que empiezan con árboles y bosques, a menudo se expanden a otros aspectos de la comunidad y resultan, en un desarrollo económico substancial. Con frecuencia, los árboles y bosques en las tierras públicas y, en alguna medida, en las tierras privadas, también son recursos significativos de "propiedad común" que contribuyen a la vitalidad económica de una área entera (Dwyer *et al.*, 1992).

Los esfuerzos substanciales que muchas comunidades hacen para desarrollar y aplicar ordenanzas locales sobre árboles y manejar su recurso forestal urbano, dan prueba de los ingresos substanciales que esperan de estas inversiones. Sin embargo, los críticos de quienes hacen esfuerzos para plantar árboles, sostienen que los árboles son una amenidad y que los fondos para su plantación podrían ser mejor utilizados para proyectos con un mayor impacto económico directo.

3.5. De la sociedad

Un fuerte sentido comunitario y de poder legal de los residentes del interior de la ciudad, para mejorar las condiciones del vecindario y promover la responsabilidad y ética ambiental, puede ser atribuido a su participación en los esfuerzos de forestería urbana. La participación activa en los programas

de plantación de árboles, ha demostrado que enriquece el sentido comunitario de identidad social, autoestima y territorialidad; y ello enseña a los residentes que pueden trabajar juntos para escoger y controlar la condición de su ambiente. Los programas comunitarios de plantación de árboles pueden ayudar a aliviar algunas de las dificultades de vivir dentro de la ciudad, especialmente para los grupos de bajos ingresos (Dwyer *et al.*, 1992). Sin embargo, también es planteable que los esfuerzos de plantación de árboles puedan ser percibidos como un uso inapropiado de recursos cuando existen severos problemas sociales en el área, porque la percepción es que los fondos para plantación de árboles podrían haber sido usados para problemas más críticos.

3.6. Desarrollar programas exitosos de plantación para enriquecer los beneficios de los árboles urbanos.

Los programas exitosos de plantación de árboles comparten numerosas características comunes: desarrollar un plan; seleccionar los árboles sanos y apropiados para el sitio; plantar y dar mantenimiento adecuado a los árboles; y quizás lo más importante, lograr la participación de la comunidad local, ya sea con sus propias manos, planeando actividades o a través de programas de educación en marcha sobre forestería urbana y cuidado de árboles. Los planes, diseñados cuidadosamente para plantación y manejo, pueden maximizar los beneficios de los árboles urbanos mientras minimizan sus impactos negativos.

4. Desarrollar un plan

Los programas exitosos de plantación de árboles deben hacer provisiones para la plantación y cuidados subsecuentes de los árboles. Los planes varían en complejidad y comprensibilidad, y pueden ser para arreglar un solo sitio, una comunidad entera o grupos de comunidades. Cada plan debe considerar el ambiente local físico y social y desarrollar estrategias dentro del plan para optimizar las necesidades del sitio, con los beneficios específicos deseados de los árboles. Los planes para programas comunitarios extensos de plantación

de árboles tienen un amplio enfoque, y deberían incluir: 1) propósito del programa de plantación de árboles; 2) visión futura del programa (cómo se verá el último programa y qué beneficios serán recibidos); 3) metas del programa; 4) priorización de las áreas a ser plantadas y calendario de mantenimiento; 5) responsabilidades de la plantación y mantenimiento de los árboles; 6) fuentes potenciales de financiamiento, y 7) participación comunitaria.

El diseño de la plantación para un sitio específico debería tener un croquis a escala del sitio, que incluya: 1) ubicación de los árboles a ser plantados, las especies y el tamaño de los árboles a su madurez; 2) ubicación de instalaciones aéreas y del subsuelo; 3) ubicación de vegetación y estructuras existentes; 4) información sobre suelo y drenaje (si es posible); 5) usos de las propiedades adyacentes; 6) posibles usos futuros de los sitios (especialmente si pudieran entrar en conflicto con el crecimiento de los árboles), y 7) exposición al sol y viento. Estos detalles específicos ayudarán a asegurar la sobrevivencia de los árboles, minimizar los costos y evitar posibles conflictos.

4.1. Seleccionar las especies adecuadas de árboles

Seleccionar el árbol adecuado para el sitio adecuado, es crítico para el éxito de los programas de plantación. La selección de árboles adecuados empieza en la fase de diseño. Seleccione especies de árboles que sean tolerantes al clima, humedad, exposición y condiciones del suelo en el sitio y puedan optimizar los beneficios deseados del plan de plantación. Aunque alguna gente favorece la plantación de especies de árboles nativos de la región, algunas veces las especies nativas pueden no ser la opción más apropiada. Muy frecuentemente los sitios urbanos han sido severamente alterados y no proporcionan las condiciones más adecuadas de crecimiento para muchas especies de árboles. La supervivencia de árboles urbanos está estrechamente relacionada con su rusticidad o capacidad inherente para aguantar la presión (Ware,1994). Las condiciones de presión para la plantación de árboles incluye sitios que no permiten humedad adecuada, condiciones del suelo o espacio para el crecimiento aéreo apropiado de los

árboles. Además, para seleccionar árboles que se desarrollen bien en condiciones adversas, es importante escoger especies que cumplan con el uso deseado del sitio, tales como proveer sombra en una área de recreación, reducir el uso de energía en edificios u ocultar vistas desagradables. Finalmente, al considerar el mantenimiento a largo plazo, la selección de especies resistentes, con pocos problemas de salud, que sean compatibles con las estructuras existentes y los usos del sitio, disminuirá la necesidad de mantenimiento y reemplazo de árboles.

Una vez que las especies apropiadas de árboles son seleccionadas, es importante determinar la calidad deseada del material de viveros (semillas, plantas, propágulos). Las consideraciones de calidad varían con la ubicación del sitio y pueden ser diferentes para los árboles seleccionados, para plantarlos en corredores de vegetación riparia, ocultar corredores de transportación vehicular pesada o arreglar edificios públicos y calles residenciales. Todos los árboles seleccionados del vivero deben mostrar evidencia de podas adecuadas, estar libres de heridas mal curadas en troncos y ramas, mostrar una forma adecuada a la especie, poseer un cepellón consistente y sano y estar libres de daños por insectos y enfermedades. En muchos casos, un árbol de "oferta" puede no ser ahorrador de dinero. Los árboles de calidad inferior pueden ser caros de mantener, de corta vida y no lograr las características deseadas de las especies.

4.2. Plantación de árboles

Se ha sido dicho que " es mejor poner un árbol de \$100 en una cepa de \$200, que poner un árbol de \$200 en un hoyo de \$100 " (ISA, 1995). Las prácticas adecuadas de plantación son críticas para el éxito a largo plazo de los programas de plantación de árboles. Siguiendo las guías aprobadas para plantación de árboles, se protegerán las inversiones, se incrementará su supervivencia y se reducirán los problemas de salud. La mayoría de los problemas de los árboles urbanos ocurren en el subsuelo y plantar un árbol apropiadamente puede reducir en algo la posibilidad de problemas futuros en la raíz. La Asociación Internacional de Arboricultura, en cooperación con el Servicio Forestal Americano, han editado un folleto llamado "New Tree Planting" (ISA, 1995) que recomienda los lineamientos para la plantación apropiada de los árboles en situaciones urbanas y en paisajes.

4.3. *Mantenimiento*

Un programa exitoso de plantación de árboles es juzgado no sólo por cómo se ven los árboles inmediatamente después de la plantación, sino qué tan bien sobrevivirán en su nuevo ambiente y qué tan bien cumple la plantación con las metas originales del programa. El mantenimiento apropiado de los árboles es la llave para su supervivencia y para hacer efectivos sus beneficios. Los programas exitosos tienen alguna manera de supervisar y evaluar la salud y longevidad de las plantaciones. La mayoría de los programas conducen inventarios periódicos de los árboles existentes y los recientemente plantados. Estos inventarios son usados para calendarizar la remoción de árboles peligrosos y enfermos, para supervisar su salud, y evaluar la efectividad de los procedimientos rutinarios de mantenimiento. Además, los programas exitosos de plantación de árboles calendarizan el mantenimiento periódico de aquellos recientemente plantados y los maduros, incluyendo el riego (si la lluvia natural no es adecuada), abonado orgánico, fertilización y podas de ramas muertas o enfermas.

4.4. *Participación comunitaria*

Probablemente, el aspecto más esencial y supervisado de los programas exitosos de plantaciones de árboles es la participación de la comunidad. Los estudios han demostrado que los residentes municipales quienes plantaron árboles frente a sus hogares como resultado de un esfuerzo organizado por la comunidad, estaban más satisfechos con las especies, ubicación y resultados del proyecto de plantación, que los residentes que no participaron. Los residentes cuyos árboles fueron plantados por el fraccionador son los menos satisfechos con la plantación y a menudo no reciben ninguna información acerca del árbol o cómo cuidarlo (Sommer *et al.*, 1994).

La participación ciudadana en programas de plantación de árboles puede ocurrir de muchas maneras. Muchas organizaciones no lucrativas han capitalizado el amor de la gente a los árboles, creando oportunidades a los residentes para llegar a participar en la plantación y cuidado de los árboles.

El proyecto Tierras Abiertas en Chicago lleva un programa llamado Cuidadores de Árboles, diseñado para enseñar a los voluntarios como mantener árboles plantados en propiedad pública. Árboles para siempre, opera una red estatal de voluntarios que organizan programas de plantación en comunidades de todo el estado de Iowa. Muchas tierras subsidiadas de las universidades, han desarrollado Asesores del Árbol Maestro a través de sus programas de Extensión Cooperativa para dar a los ciudadanos el conocimiento y habilidades para asistir a sus comunidades con entrenamiento en el cuidado de los árboles. Los programas forestales municipales están empezando a explorar la participación de ciudadanos para coleccionar datos durante sus inventarios periódicos de sanidad forestal.

Los programas de plantación de árboles a todos los niveles, ya sean ejecutados por el estado, condado, gobiernos municipales o las organizaciones no lucrativas, han encontrado que muchos ciudadanos disfrutan participando en programas educacionales sobre los árboles y su cuidado. Formar una ciudadanía bien informada y conocedora es crítico para cualquier programa de plantación de árboles. La gente disfruta aprendiendo acerca de los árboles y disfrutan aplicando ese conocimiento en su propio vecindario. Esta educación lleva a cuidar mejor los árboles en las residencias privadas así como en toda la ciudad. Además, es posible que los ciudadanos conocedores entiendan más los costos asociados con la plantación y cuidado de árboles y es más factible ser apoyo de los esfuerzos para obtener fondos y programas de árboles.

5. Conclusión

Con planeación, diseño y manejo efectivos, los árboles urbanos proporcionarán un amplio rango de importantes beneficios a los residentes urbanos. Incluye un ambiente más placentero, saludable y confortable para vivir, trabajar y jugar; ahorros en los costos de suministro de un amplio rango de servicios urbanos y mejoras substanciales en el bienestar individual y comunitario. Los programas de plantación y manejo de árboles deberían considerar y enfocarse hacia cómo la vegetación urbana puede satisfacer mejor las necesidades de la gente. Los esfuerzos pasados de planeación y

manejo pudieron haber sido más efectivos si los beneficios potenciales de la vegetación urbana no hubieran sido subestimados, hubiera un mejor entendimiento de las relaciones entre los beneficios/costos y las características y manejo de la vegetación, y estuvieran participando los residentes urbanos en la planeación e implantación de los programas de manejo.

6. Reconocimientos

Los autores agradecen al Dr. Paul Gobster, Sue Sisinni y Jack Stevens por las revisiones del trabajo preliminar de este manuscrito.

7. Referencias

- Akbari H, Davis S, Dorsano S, Huang J, Winnett S (1992) Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light-colored surfacing. U.S.E.P.A., Washington, DC. 217 p.
- Akbari H, Huang J, Martien P, Rainier L, Rosenfeld A and Taha H (1988) The impact of summer heat islands on cooling energy consumption and CO₂ emissions. Proc. 1988 Summer Study in Energy Efficiency in Buildings. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington DC.
- Anderson LM and Cordell HK (1988) Influence of trees on residential property values in Athens, Georgia (USA): A survey based on actual sales prices. *Lands. Urban Plann.* 15:153-164.
- Aylor DE (1972) Noise reduction by vegetation and ground. *J. Acoust. Soc. Amer.* 51(1):197-205.
- Brasseur GP and Chatfield RB (1991) The fate of biogenic trace gases in the atmosphere. In: Sharkey TD, Holland EA, Mooney HA, eds. *Trace Gas Emissions by Plants*. pp. 1-27. Academic Press, New York.
- Cardelino CA and Chameides WL (1990) Natural hydrocarbons, urbanization, and urban ozone. *J. Geophys. Res.* 95(D9): 13,971-13,979.
- Chenoweth RE and Gobster PH (1990) The nature and ecology of aesthetic experiences in the landscape. *Landscape J.* 9:1-18.
- Cook DI (1978) Trees, solid barriers, and combinations: Alternatives for noise control. In: Hopkins G (ed.) *Proceedings of the National Urban Forestry Conference*. pp. 330-339.

- USDA Forest Service and the State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY.
- Cook DI, Van Haverbeke DF (1971) Trees and shrubs for noise abatement. Res. Bull. 246. Nebr. Agri. Expt. Stat. Lincoln. 77 p.
- Corrill M, Lillydahl J, and Single L (1978) The effects of greenbelts on residential property values: some findings on the political economy of open space. Land Econ. 54:207-217.
- Dwyer JF (1991) Economic value of urban trees. In: A National Research Agenda for Urban Forestry in the 1990's, pp. 27-32, International Society of Arboriculture, Research Trust, Urbana, IL.
- Dwyer JF, Schroeder HW, and Gobster PH (1991) The significance of urban trees and forests: toward a deeper understanding of values. J. Arboric. 17:276-284.
- Dwyer JF, McPherson EG, Schroeder HW, and Rowntree RA (1992) Assessing the benefits and costs of the urban forest. J. Arboric. 18(5):227-234.
- Guenther A, Zimmerman P, and Wildermuth M (1994) Natural volatile organic compound emission rate estimates for U.S. woodland landscapes. Atmos. Environ. 28(6):1197-1210.
- Heisler GM (1986) Energy savings with trees. J. Arboric. 12(5):113-125.
- Heisler GM (1990) Mean wind speed below building height in residential neighborhoods with different tree densities. ASHRAE Transactions 96(1):1389-1396.
- Heisler GM, Grant RH, Grimmond S, and Souch C (1995) Urban forests cooling our communities? In: Kollin C and Barratt M eds, Proc 7th National Urban Forest Conference, pp. 31-34. American Forests, Washington, DC
- Hull RB (1992) Brief encounters with urban forests produce moods that matter. J. Arboric. 18(6):322-324.
- International Society of Arboriculture (1995) New tree planting. Intern. Soc. Arboric., Savoy, IL.
- Johnson CW, Barker FS, and Johnson WS (1990) Urban and Community Forestry. USDA Forest Service, Ogden UT.
- Kaplan R (1993) Urban forestry and the workplace. In: Gobster PH (ed.) 1993. Managing urban and high use recreation settings. pp. 41-45. Selected papers from the Urban Forestry and Ethnic Minorities and the Environment Paper Sessions at the 4th North American Symposium on Society and Resource Management. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC-163. St. Paul MN.
- Kramer PJ and Kozlowski TT (1979) Physiology of Woody Plants. Academic Press. New York. 811 p.

- McPherson EG (1987) Effects of vegetation on building energy performance. Ph. D. Dissertation, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY. 245 p.
- McPherson EG and Dougherty E (1989) Selecting trees for shade in the Southwest. *J. Arboric.* 15:35-43.
- Miller RH (1988) *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 404 p.
- More TA, Stevens T, and Allen PG (1988) Valuation of urban parks. *Landscape and Urban Plan.* 15:139-152.
- Myrup LO, McGinn CE, and Flocchini RG (1991) An analysis of microclimate variation in a suburban environment. Seventh Conference of Applied Climatology, pp. 172-179. Amer. Meteor. Soc., Boston.
- Nowak DJ (1994a) Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. In: McPherson EG, Nowak DJ, Rowntree RA, eds. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. pp. 83-94. USDA Forest Service General Technical Report NE-186. Radnor, PA.
- Nowak DJ (1994b) Air pollution removal by Chicago's urban forest. In: McPherson EG, Nowak DJ, Rowntree RA, eds. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. pp. 63-81. USDA Forest Service General Technical Report NE-186. Radnor, PA.
- Nowak DJ (1995) Trees pollute? A "TREE" explains it all. In: Kollin C and Barratt M eds, *Proc 7th National Urban Forest Conference*, pp. 28-30. American Forests, Washington, DC.
- Reethof G and McDaniel OH (1978) Acoustics and the urban forest. In: Hopkins G (ed.) *Proceedings of the National Urban Forestry Conference*. pp. 321-329. USDA Forest Service, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY.
- Robinette GO (1972) *Plants/People/ and Environmental Quality*. USDI National Park Service, Washington, DC. 140 p.
- Rolfe GL (1974) Lead distribution in tree rings. *For. Sci.* 20(3): 283-286.
- Sanders RA (1986) Urban vegetation impacts on the urban hydrology of Dayton Ohio. *Urban Ecol.* 9:361-376.
- Schroeder HW (1989) Environment, behavior, and design research on urban forests. In: Zube EH and Moore GL, eds. *Advances in Environment, Behavior, and Design*. pp. 87-107. Plenum, New York.

- Schroeder HW (1991) Preference and meaning of arboretum landscapes: combining quantitative and qualitative data. *J. Env. Psych.* 11:231-248.
- Schroeder HW and Anderson LM (1984) Perception of personal safety in urban recreation sites. *J. Leis. Res.* 16:178-194.
- Selia AF and Anderson LM (1982) Estimating costs of tree preservation on residential lots. *J Arboric.* 8:182-185.
- Selia AF and Anderson LM (1984) Estimating tree preservation costs on urban residential lots in metropolitan Atlanta. *Georgia For. Res. Pap. No. 48.* 6 p.
- Shaw WW, Magnum WR, and Lyons JR (1985) Residential enjoyment of wildlife resources by Americans. *Leis. Sci.* 7:361-375.
- Souch CA and Souch C (1993) The effect of trees on summertime below canopy urban climates: a case study, Bloomington, Indiana. *J. Arboric.* 19(5):303-312.
- Smith WH (1990) *Air Pollution and Forests.* Springer-Verlag, New York. 618 p.
- Sommer R, Learey F, Summit J, and Tirell M (1994) Social benefits of resident involvement in tree planting: Comparisons with developer-planted trees. *J. Arboric.* 20(6): 323-328.
- Tingey DT, Turner DP and Weber JA (1991) Factors controlling the emissions of monoterpenes and other volatile organic compounds. In: Sharkey TD, Holland EA, Mooney HA, eds. *Trace Gas Emissions by Plants.* pp. 93-119. Academic Press, New York.
- Ulrich RS (1984) View through a window may influence recovery from surgery. *Science.* 224:420-421.
- Ware GH (1994) Ecological basis for selecting urban trees. *J. Arboric.* 20(2):98-103.
- Ziegler I (1973) The effect of air-polluting gases on plant metabolism. In: *Environmental Quality and Safety, Volume 2.* pp. 182-208. Academic Press, New York.