

## **Vegetación urbana en Santiago de Chile**

H. Jaime Hernández Palma

### **Filiación**

El Dr. H. Jaime Hernández P. es académico de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile.

jhernand@uchile.cl

### **Resumen**

En la mayoría de los países desarrollados el concepto de manejo de la vegetación urbana ha evolucionado desde funciones meramente estética a funciones medioambientales, incluyendo los beneficios económicos cuantificables de árboles y espacios verdes. En Santiago se constata una gran diferencia entre los distintos municipios respecto de sus políticas y capacidades técnicas asociadas al manejo ("sustentable") de este recurso. Además, la vegetación urbana contribuye significativamente a la descontaminación atmosférica y se asocia a mejores estándares de vida. Al cuantificar y valorar el aporte de la vegetación urbana en términos de bienes y servicios ambientales se establecen las bases para diseñar sistemas de manejo del arbolado urbano costo-efectivos para mejoramiento de la calidad ambiental en Santiago.

**Palabras claves:** VEGETACIÓN URBANA, SANTIAGO DE CHILE, SERVICIOS AMBIENTALES.

### **Introducción**

En la actualidad, los municipios han adquirido una mayor cantidad de funciones, que además de las tradicionales, tales como salud, educación, seguridad pública o manejo de residuos, consideran al sistema forestal urbano en forma explícita. La creciente necesidad por acceder a información que facilite la gestión del recurso implica conocer de mejor forma el arbolado urbano de sus comunas, y el impacto que éste tiene sobre la calidad de vida de sus habitantes. Podemos identificar al menos dos niveles de análisis del arbolado urbano: comunas individuales y ciudad completa (conjunto de comunas). La gestión real, en terreno, se realiza a nivel municipal y depende en gran medida del presupuesto con que dispone cada comuna, el cual se relaciona directamente con el nivel socioeconómico de sus habitantes. Sin embargo, el mayor efecto se percibe a nivel de toda la ciudad y la falta de coordinación técnica y de criterios de manejo arboricultural entre los distintos municipios es evidente cuando se recorre Santiago por alguna de sus avenidas transversales.

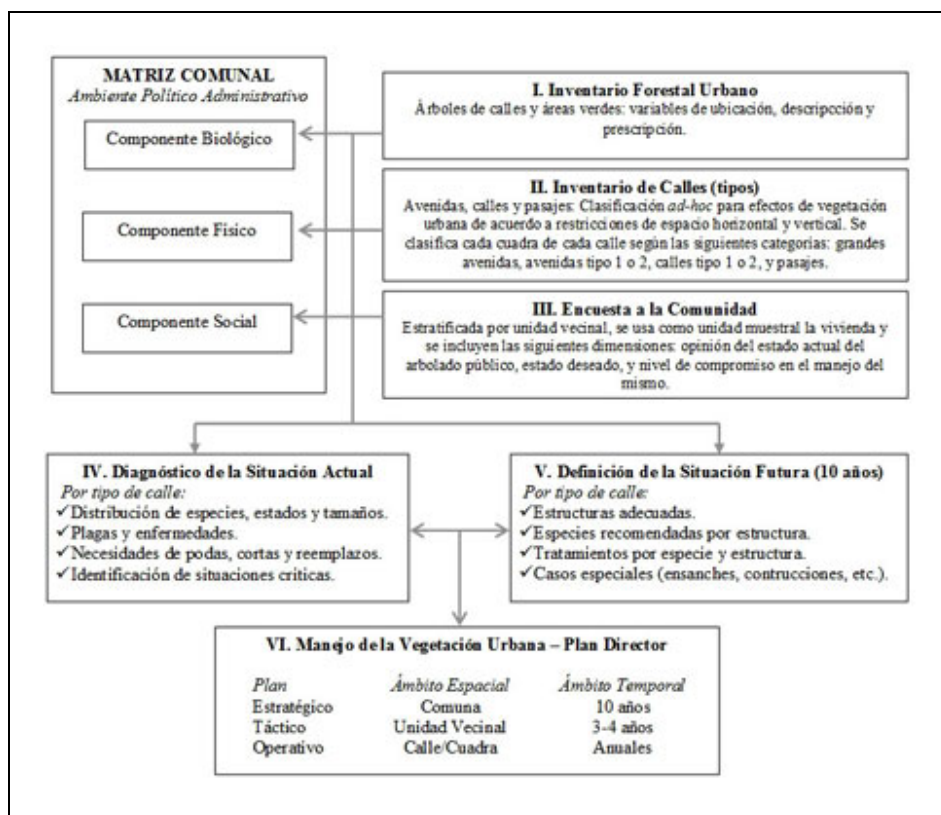
### **Vegetación urbana a nivel comunal**

Entre las comunas de la Región Metropolitana se puede observar una diferencia notable en el manejo de la vegetación urbana (MVU) de acuerdo al nivel socioeconómico en que se encuentran. Las comunas que se encuentran en un nivel socioeconómico alto asignan un mayor presupuesto anual para el manejo de áreas verdes y arbolado público (MM\$ 900 en promedio para el 2002). En las comunas de nivel medio y bajo esta asignación baja considerablemente, con un promedio de MM\$ 440 y 350, respectivamente para el año 2002 (Escobedo et al., 2004a). Las comunas de los niveles socioeconómicos medio y bajo presentan una distribución presupuestaria menor respecto a las comunas del nivel alto, y su distribución es muy similar.

Sin embargo, el presupuesto asignado a manejo del arbolado público y áreas verdes en relación al presupuesto total de los municipios, resalta que las comunas del nivel socioeconómico bajo le asignan mayor porcentaje de presupuesto (5%), a diferencia de las comunas del nivel alto y medio 4,4% y 4%, respectivamente.

La mayoría de las comunas tiene conciencia que los inventarios del arbolado público son la base para un buen MVU, sin embargo, por diversas razones algunas no los tienen actualizados. Del total de municipalidades encuestadas el año 2002, el 56% cuenta con inventarios del arbolado de calles, donde prácticamente, todas las comunas del nivel socioeconómico alto lo han realizado, disminuyendo gradualmente para el nivel medio y bajo. Para el caso de los inventarios de áreas verdes el 100% de las municipalidades cuenta con él, lo que indica una gran preocupación por conocer sus características, que en su mayoría están bajo el cuidado de contratistas. En general, las municipalidades consideran un período de actualización de los inventarios de entre 1 a 5 años.

En este marco, es crucial el desarrollo de Planes Directores para realizar la gestión de áreas verdes y árboles de calle, el cual no se ha implementado en la mayoría de las comunas. La figura 1 muestra un enfoque metodológico para la elaboración de planes directores comunales.



**Figura 1.** Enfoque metodológico para la elaboración de planes directores comunales. Las seis etapas I-VI no son excluyentes en el tiempo. La matriz comunal tiene tres componentes principales (biológico, físico, y social) y se realiza un levantamiento de datos inicial para cada uno de ellos. Se utiliza una tipología de calles especialmente construida para efectos de manejo de la vegetación (no es de utilidad de clasificación municipal estándar), a nivel de cada cuadra de la Comuna, tanto para efectuar un diagnóstico detallado de la situación actual como para la definición de la situación futura deseada (se utiliza tecnología SIG para procesar la información). Fuente: Hernández et al., 2007.

El proceso de planificación básica, según Millar (1997) consiste en cuatro pasos:

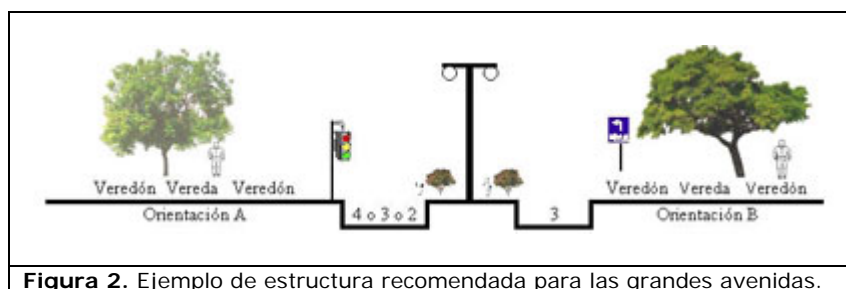
¿Qué tenemos? ← Inventario del recurso.

¿Qué queremos? ← Definición de metas y objetivos.

¿Cómo obtenemos lo que queremos? ← Planes Directores Comunales.

Retroalimentación ← Percepción de los usuarios del recurso.

Este proceso puede ser adaptado para servir como base de un modelo de planificación diseñado específicamente para dirigir el completo manejo de los recursos vegetacionales. La discusión resultante describe el Modelo de Planificación de Manejo de la Vegetación Urbana y es seguido por aplicaciones específicas para el manejo de árboles. La figura 2, muestra un ejemplo genérico de planificación para una avenida grande cualquiera.



**Figura 2.** Ejemplo de estructura recomendada para las grandes avenidas.

Cuando se definen las estructuras, un aspecto fundamental es la elección de las especies. Los criterios de selección para ambientes urbanos son tan variados como los usuarios de ellos, priman en su selección factores tales como la disponibilidad de ejemplares, menor costo de mantenimiento, y en forma secundaria se considera una buena integración al paisaje, valoración de especies nativas, atractivos estéticos.

Mayoritariamente, el mantenimiento (podas, plantación, reemplazo, extracción y tazas de irrigación) de áreas verdes en todas las comunas está asignada en alto porcentaje a contratistas. En el nivel socioeconómico alto la asignación a contratistas es de 100%. En los niveles medio y bajo existe participación de la municipalidad (aunque baja) en el mantenimiento de áreas verdes.

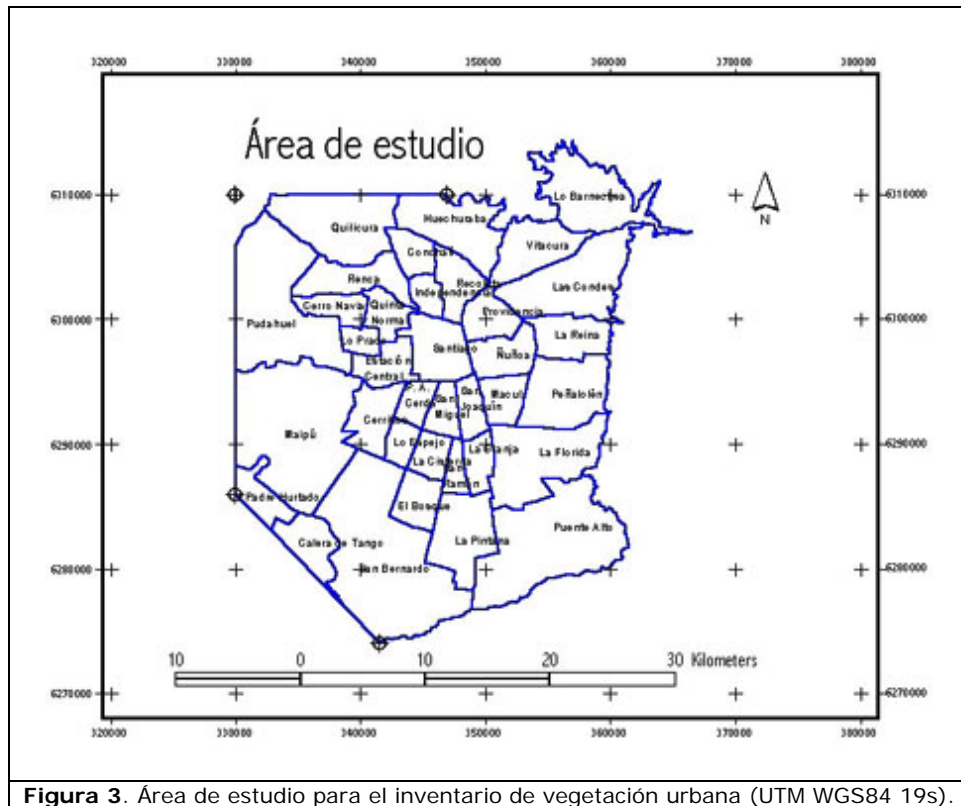
Por otra parte, el mantenimiento de los árboles de calle en el nivel socioeconómico alto está mayoritariamente asignada a contratistas, mientras que en los otros niveles existe mayor presencia municipal. En general, es una asignación variable y depende de las políticas de cada comuna. Algunas municipalidades de los niveles medio y bajo no mantienen el 100% de sus árboles de calle.

### **Vegetación urbana de la ciudad de Santiago**

Como parte de las actividades desarrolladas por el proyecto FONDEF D00 I1078 se evaluó la estructura de la vegetación de la ciudad de Santiago con el objetivo de estimar una serie de variables de interés para la planificación sustentable de la ciudad.

El polígono de estudio abarcó toda el área urbana más algunas zonas periurbanas, sumando un total de 967 Km<sup>2</sup> (Figura 3). Entre otras variables se estimó: número total de árboles, tamaños, condición de vigor, la diversidad de especies, la biomasa y el área foliar. Los datos fueron obtenidos mediante un muestreo estratificado por nivel socioeconómico y por tipo de uso de suelo. Las unidades maestras, 200 en total, correspondieron a parcelas circulares de 0,04 ha. Los resultados indican que en el área de estudio existen aproximadamente 6.245.000 árboles, los cuales presentan una

mayor cobertura arbórea y diversidad en el estrato socioeconómico alto. La especie arbórea más abundante fue *Robinia pseudoacacia* con una participación de 11,4 %. Cerca de un 50% de los árboles tiene menos de 15 cm de diámetro fustal (1,3 m del suelo) y solamente un 5% supera los 45 cm para la misma variable. En términos de la condición de vigor, la gran mayoría se encuentra en buen estado.



**Figura 3.** Área de estudio para el inventario de vegetación urbana (UTM WGS84 19s).

### **Cobertura arbórea**

El análisis inicial de la cobertura arbórea presente en cada comuna fue llevado a cabo vía fotointerpretación sobre la Ortofotografía B/N escala 1:10.000 (1998). Se realizó usando puntos de muestreo, asignados en forma aleatoria sobre cada comuna, para los cuales se registró si correspondían a cobertura arbórea o no. De esta forma se obtuvo una estimación del porcentaje de cobertura de árboles para cada comuna y una estimación su variación, o error estándar. Los resultados se presentan en la tabla 1.

Las comunas con mayor cobertura arbórea son Vitacura (44%), La Reina (38,3%) y las Condes (37,3%). Las comunas con menor proporción de árboles son Quinta Normal (5,3%), Pudahuel (4,3%) y San Ramón (3,8%). Si consideramos que el porcentaje anterior representa la cantidad de metros cuadrados con árboles presentes en una hectárea – más o menos el área equivalente a una manzana –, se tiene que Vitacura tiene 4.400 metros cuadrados con árboles, mientras que San Ramón solamente tiene 380 metros cuadrados. En otras palabras, Vitacura tiene 11 veces más árboles que San Ramón.

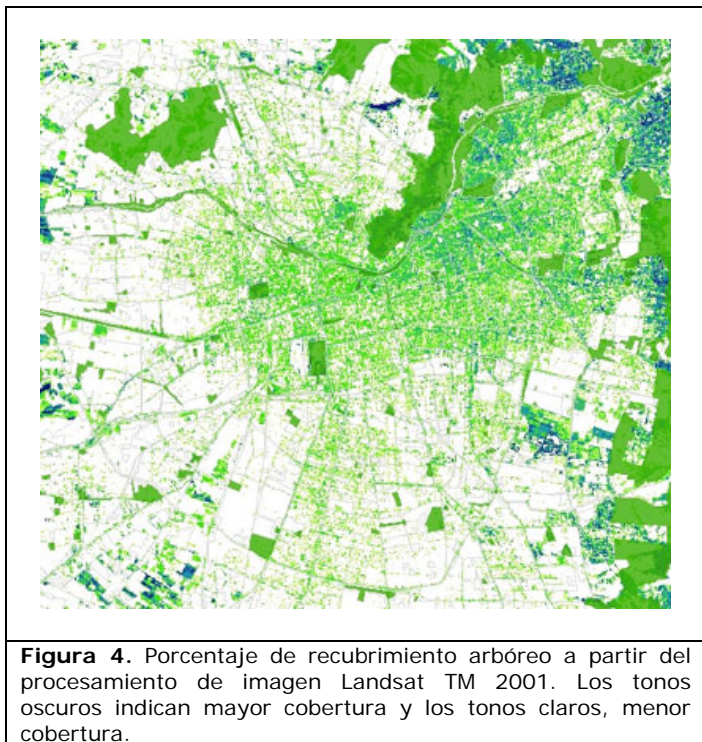
**Tabla 1.**

Porcentajes de cobertura arbórea, estimadas vía fotointerpretación, para las comunas del área de estudio.

#	COMUNA	No. Puntos	% Cobertura arbórea	Error Estándar (+/-)
1	Vitacura	115	44.0%	5.77%
2	La Reina	88	38.3%	12.15%
3	Las Condes	242	37.3%	7.74%
4	Lo Barnechea	213	34.0%	5.02%
5	Providencia	71	30.2%	7.00%
6	La Cisterna	39	25.7%	5.51%
7	Nuñoa	74	24.2%	5.12%
8	P. A. Cerda	36	24.2%	3.58%
9	Penalolén	153	22.3%	7.36%
10	Puente Alto	402	20.3%	6.44%
11	Conchalí	43	19.5%	2.69%
12	Independencia	32	19.2%	5.69%
13	La Florida	217	17.6%	3.05%
14	Huechuraba	143	15.3%	3.84%
15	Recoleta	94	14.1%	2.24%
16	Padre Hurtado	35	12.9%	2.30%
17	Macul	74	12.5%	5.76%
18	Cerrillos	89	11.5%	5.65%
19	Lo Prado	32	11.5%	3.71%
20	Santiago	100	11.4%	1.61%
21	San Bernardo	478	11.1%	5.23%
22	San Miguel	51	10.9%	5.26%
23	Renca	97	10.5%	2.47%
24	La Pintana	156	10.2%	3.85%
25	La Granja	48	10.0%	3.56%
26	Maipú	389	9.5%	2.03%
27	Estación Central	70	9.4%	1.45%
28	El Bosque	63	8.6%	2.13%
29	Cerro Navia	52	8.2%	4.28%
30	Quilicura	173	7.7%	2.75%
31	Lo Espejo	33	6.5%	1.12%
32	San Joaquín	55	6.0%	3.20%
33	Quinta Normal	41	5.3%	3.13%
34	Pudahuel	209	4.3%	3.63%
35	San Ramón	31	3.8%	1.92%
36	Calera de Tango	39	3.1%	1.62%

En forma complementaria se analizaron imágenes satelitales Landsat TM (2001) con el objetivo de evaluar la continuidad y distribución espacial de la cobertura arbórea. La figura 4 muestra uno de los resultados, en donde se indica como tono de verde el % de recubrimiento de árboles.

En la imagen, se puede observar claramente la heterogeneidad de la distribución de la cobertura arbórea, que se presenta como un gradiente desde el sector nororiente, con valores cercanos a un 50%, hasta los sectores del sur, este y norte, con valores bajo el 10%. Esta distribución, tiene causas y efectos asociados no sólo al bienestar de las personas sino que a la calidad del hábitat que es utilizado por especies de flora y fauna urbana (Varela, 2003).



**Biodiversidad**

En términos de la diversidad biológica de las especies leñosas de la ciudad, también se presentan grandes diferencias entre los distintos estratos socioeconómicos. En las comunas de nivel alto, se han registrado alrededor de 150 especies distintas, mientras que en las de nivel bajo sólo 60 especies. El promedio de especies por hectárea se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.**  
Riqueza de especies de flora  
según estrato socioeconómico en Santiago.

Estrato socioeconómico	Especies / ha
Alto	28.05
Medio	17.93
Bajo	15.83

**Emisiones de COV**

Los árboles y arbustos en Santiago emitieron al año 2001, 823 t de COV (compuestos orgánicos volátiles); de ese total 12% proviene de arbustos. Las emisiones de los árboles y arbustos promediaron 3,4 g de COV por m<sup>2</sup> de dosel. Las emisiones de estos compuestos varían a través del año, alcanzando los niveles más altos en enero. Estas emisiones también cambian a lo largo del día, las más altas ocurrieron alrededor de las 15:00 horas. Los géneros con el más altos valores índice de O<sub>3</sub> (capacidad de reducir ozono) fueron *Hibiscus spp.*, *Abutilon spp.*, *Pyrus*, *Pittosporum spp.*, *Sorbus spp.*, y *Kageneckia spp.*

### **Almacenamiento y secuestro de CO<sub>2</sub>**

Los árboles en Santiago almacenan alrededor de 826.000 t de C, lo que se estima en un valor de US\$16,5 millones. Anualmente los árboles secuestran 37.700 t de C (US\$754.000/año). Sin embargo, basado en la mortalidad y eliminación de los árboles, el secuestro neto es de 34.750 t de C al año (US\$ 695.000/año). Los árboles que retienen C están concentrados en áreas residenciales de ingresos altos, medios y bajos (50% del total de C almacenado), seguido de áreas agrícolas periurbanas de ingresos medianos y bajos (24%).

Los árboles que más almacenan C en Santiago son *Robinia pseudoacacia* (18,0%), *Platanus orientalis* (12,9%), *Populus deltoides* (11,9%) y *Cedrus deodara* (5,2%). Secuestro bruto de carbono fue también mayor para *Robinia pseudoacacia*, (13,2%) *Populus deltoides* (8,7%) *Platanus orientalis* (8,6%) y *Prunus cerasifera* (5,7%). El secuestro neto de C fue estimada como negativa (emite C) para *Cupressus macrocarpa*.

### **Remoción de la contaminación del aire**

Se determinó que los árboles de Santiago removieron 3.500 t de contaminación del aire, lo cual se estima que tiene un valor para la sociedad de US\$44,8 millones. La mayor remoción fue para material particulado (2.240t), seguido de ozono (650t), dióxido de sulfuro (280t), dióxido de nitrógeno (250t) y monóxido de carbono (110t).

### **Los árboles y el uso de energía en construcciones**

Se estimó que los árboles en la provincia de Santiago durante el verano hacen que se ahorre energía equivalente a 12.000 MBtus y que el ahorro de energía durante el invierno debido a ellos es de 13.250 MWhs.

Por otra parte, se determinó que los árboles en Santiago reducen las emisiones de carbono de las plantas energéticas en alrededor de 4.100 toneladas métricas por año. Las emisiones de carbono aumentan en alrededor de 250 t debido al incremento del uso de aire acondicionado durante el verano y decrece en más o menos 4.350 tons debido a ahorros de energía durante el invierno.

### **Discusión y conclusiones**

La cubierta arbórea puede ser incrementada mediante una apropiada planificación y manejo. La cubierta vegetal y la densidad de los árboles es comparable a otras ciudades, entre las que se pueden mencionar Atlanta, Chicago, Boston (Nowak y MacPherson, 1993; Nowak et al., 1997). La sustentabilidad de los árboles en esta ciudad es particularmente importante, debido a la proporción relativamente grande de árboles que contribuyen a la cubierta vegetal, comparado con otras ciudades. Santiago tiene una estructura mayormente de árboles jóvenes (72%), por tanto, la pérdida de árboles grandes podría reducir en gran proporción los beneficios que ha costado muchos años producir. La plantación de árboles más grandes podría compensar en parte las pérdidas señaladas. Factores culturales y ambientales que limitan el desarrollo de los árboles en las ciudades incluyendo necesidades de riego, vandalismo, sitios eriazos, y el uso intensivo del suelo, limitan la regeneración debido a pisoteos o compactación del suelo.

Aproximadamente 41% de los terrenos de Santiago están cubiertos por sitios eriazos. Basados en observaciones de terreno, plantar y establecer árboles es posible en alrededor del 26,5% de esta superficie. Además los árboles se pueden plantar en zonas no construidas con edificios o casas, como estacionamientos, donde no afectaría

el movimiento de vehículos. Los árboles también pueden establecerse sobre los edificios (terrazas del techo) aunque puede resultar caro.

Al cuantificar y valorar el aporte de la vegetación urbana en términos de bienes y servicios ambientales se establecen las bases para diseñar sistemas de manejo del arbolado urbano costo-efectivos para mejoramiento de la calidad ambiental en Santiago. Estos sistemas consisten de diferentes combinaciones de especies, edades, tamaños y distribuciones bajo cierto régimen de manejo con el objetivo de mejoramiento ambiental. Se puede y se debe determinar la efectividad económica del uso de la vegetación arbórea como proveedor de servicios ambientales, entre los cuales destacan su contribución a la descontaminación atmosférica y al bienestar de los seres humanos.

## Referencias

ESCOBEDO, F., NOWAK, D., DE LA MAZA, C., HERNÁNDEZ, J. 2006. "The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forest". *Urban Forestry & Urban Greening* 4, 105-114.

ESCOBEDO, F., HERNÁNDEZ, J., DE LA MAZA, C.L., RODRÍGUEZ, M., NOWAK, D. and CRANE, D. 2004a. "El Arbolado urbano de Santiago de Chile". In: *Publicaciones Misceláneas No. 5, Facultad de Cs. Forestales, U. de Chile. Seminario Internacional: Funciones y Valores del Arbolado Urbano*. Pp. 50-54.

ESCOBEDO, F., HERNÁNDEZ, J., DE LA MAZA, C.L., RODRÍGUEZ, M., NOWAK, D. Y CRANE, D. 2004b. "Determinando los efectos del arbolado urbano sobre la calidad de aire". In: *Publicaciones Misceláneas No. 5, Facultad de Cs. Forestales, U. de Chile. Seminario Internacional: Funciones y Valores del Arbolado Urbano*. Págs. 19-25.

HERNÁNDEZ, J., SERRA, M. T., & ARAYA, J. (2007). "Manejo de Vegetación Urbana". En: *Biodiversidad: Manejo y Conservación de Recursos Forestales*. Hernández, J. De la Maza, C. L. & Estades, C. (Eds.). Editorial Universitaria. 693-719.

HERNÁNDEZ, H.J. 2007. "La situación del arbolado urbano de Santiago". *Revista Ambiente Forestal*, Volumen 2, No. 2 (en prensa).

MILLER, R. 1997. *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces*. 2nd Ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. 502 p.

NOWAK, D. Y MCPHERSON, E. G. 1993. "Cuantificación del impacto ambiental de los árboles en Chicago". *Unasylva*. 44(173).

NOWAK, D.; J. DWYER Y G. CHILDS. 1997. "Beneficios y costos de manejo de áreas verdes urbanas". Manuscrito para publicación en *Anales del Seminario sobre Áreas Verdes Urbanas desarrollado en la Ciudad de México*, 2-4 de diciembre, Krishnamurthy, L. y J. Rente Nascimento, eds. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

VARELA, S. 2003. *Calidad de la vegetación urbana como hábitat para aves. El caso de Santiago de Chile*. Memoria de Título, Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 48 p.