

Valoración de árboles urbanos, comparación de fórmulas

Urban trees appraisal, comparison of formulas

Mauricio Ponce-Donoso, Óscar Vallejos-Barra

Originales: *Recepción*: 20/08/2015 - *Aceptación*: 16/10/2015

RESUMEN

La práctica de valoración del arbolado urbano llevada a cabo en contextos urbanos, se realiza habitualmente a través de la aplicación de fórmulas. El objetivo del estudio fue comparar los resultados monetarios obtenidos en la aplicación de 12 fórmulas, 2 chilenas y 10 de otros países, efectuadas por cuatro tasadores iniciados. Se tasaron 30 árboles en tres distintas comunas de Chile, Santiago, Talca y Concepción, generándose 1.440 datos. Los resultados fueron analizados utilizando análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple de mínima diferencia significativa de Fisher (DMS). Los valores más altos se obtuvieron con STEM, Helliwell y Burnley, mientras que valores medios se obtuvieron con Tedesco, N. Granada, COPIMA y M. Italiano, y valores menores con M. Peñalolén, M. Suizo, CTLA, M. Francés y M. Danés. Se encontró diferencia significativa entre las fórmulas, conformando seis grupos, y no entre tasadores. El valor base y la composición de la fórmula siguen teniendo un alto impacto en el resultado final de la valoración. El uso de la prueba estadística no paramétrica amplía el análisis de las fórmulas.

Palabras clave

valoración del árbol • silvicultura urbana • tasación de árbol urbano

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Casilla 747, Talca. Chile.
mponce@utalca.cl

ABSTRACT

The practice of monetary valuation of urban trees conducted in urban settings is usually done through formulas. The aim of the study was to compare the monetary results from the application of 12 formulas, 2 Chilean and 10 from other countries, carried out by four junior appraisers. 30 trees were assessed in three different districts of Chile, Santiago, Talca and Concepción, producing 1.440 data. The results were analyzed using Kruskal-Wallis non-parametric test for variance and Fisher's least significant difference (LSD) multiple comparison. The highest values were obtained with STEM, Helliwell and Burnley, average values were obtained with Tedesco, N. Granada, COPIMA and Italian M., and lower values with Peñalolén M., Swiss M., CTLA, French M. and Danish M. Significant difference between valuations methods were found, while no significant differences between appraisers were found. The basic value and the composition of the formula showed a high impact on the final outcome of the assessment. The use of non-parametric statistical test extends the formulas analysis.

Keywords

tree value • urban silviculture • urban tree valuation

INTRODUCCIÓN

Existen varias formas de definir el arbolado urbano, desde una clásica que considera al árbol urbano como decoración y ornato de las calles (Tyrväinen *et al.*, 2003); funcional, que toma al arbolado como un proveedor de múltiples beneficios para la ciudad; y de manera más integral, que lo considera como un acercamiento a la plantación, cuidado y gestión de los árboles en las ciudades para asegurar múltiples beneficios para los habitantes urbanos (20).

El concepto de arbolado urbano se origina en la década de 1960 en Norteamérica y en la de 1980 en Europa (19, 24). Cordell *et al.* (1984) lo identifica en parques, plazas, veredas comerciales y residenciales, cinturones verdes y otros sitios urbanos. El arbolado urbano constituye una variable de sustentabilidad, incorporando aspectos sociales, ambientales y económicos, con lo cual contribuye al desarrollo

sustentable (9, 18, 19, 23, 26, 28, 31, 32). Su valor puede ser representando en una expresión monetaria.

La determinación del valor monetario de los árboles no es fácil, pues no tienen su correlato en el mercado (19). Sus inicios se remonta a la determinación de un valor con base en característica ornamentales (Caballer, 1999), mientras que en la actualidad incorporan diversos bienes y servicios ecosistémicos que los árboles proveen (11).

Las fórmulas existentes para determinar el valor del árbol se estructuran de forma multiplicativa o paramétrica como económica o de capitalización (25).

Se han estudiado las diferentes fórmulas que se aplican en diversos países (6, 15, 16, 27, 28, 29, 32, 34), encontrándose que las de tipo paramétricas presentan un mejor desempeño, aunque algunos señalan que el uso de las fórmulas de capitalización son más fáciles de usar y las recomiendan para usos municipales.

Al respecto Chueca (2001), señala la necesidad que las metodologías de valoración permitan la reducción de la subjetividad de las variables de la fórmula, lo que no debe confundirse por el método en sí mismo, sino por quien lo aplica.

Es posible identificar más de 30 fórmulas en la literatura especializada, tanto de organizaciones que las patrocinan, como en diferentes estudios, que se aplican a grandes áreas de un país o bien exclusivamente a nivel municipal. Algunas de ellas son: Council of Tree and Landscape Appraisal y i-Tree (EE. UU.), Standard Tree Evaluation Method (Nueva Zelanda), Norma Granada e ICONA (España), Amenity Valuation of Tree and Woodlands y CAVAT (Gran Bretaña), Método Francés, Método Italiano y Tedesco (Italia), Método Burnley (Australia), Método Danés, Método Suizo, Método Finés, Método Radó y Método Párkányi (Hungría) y de otros en países como Chile (COPIMA y otros municipios) y Argentina (Método Contato y otros municipios), y otras fórmulas basadas en modelos de capitalización (1, 6, 8, 12, 14, 15, 16, 21, 27, 28, 33).

No obstante, Donovan y Butry (2010) consideran que estos métodos son inferiores a las técnicas con base en precios hedónicos o de valoración contingente, así como los experimentos de elección discreta (13), que si bien pueden lograr determinar valores declarados con mayor precisión, son difíciles de construir y aplicar si son considerados los objetivos de actuación municipal.

La determinación del valor monetario de los árboles urbanos da soporte al desarrollo de un programa integral del manejo en la administración municipal (22). Por ello la necesidad del uso de estructuras fáciles de aplicar en la más amplia variedad de especies que en su estructura incorporen aspectos de estado del árbol (3), como de otras variables de tipo ambiental o de

funcionalidad del árbol, incluyendo significancia histórica o simbólica.

En los estudios relacionados con fórmulas para valorar el arbolado urbano, Watson (2002), destaca que los métodos CTLA y Burnley entregarían valores más bajos en comparación con la Norma Granada, Helliwell y STEM, siendo la subjetividad de los tasadores los que generarían las diferencias de las valoraciones, señalando que con el método Helliwell se obtienen valores más altos, mientras que las mayores variaciones son con STEM. Por su parte, Contato-Carol *et al.* (2008), compararon fórmulas de capitalización internacionales y argentinas, destacando que con la aplicación de los métodos Suizo y Finés se obtienen valores parecidos pero más altos, en comparación con CTLA que entregaría valores medios, mientras que si se aplica a especímenes grandes, toma valores más altos que el francés, y además, señalan que los métodos de capitalización sobrevaloran los árboles.

Por su parte, en Ponce-Donoso *et al.* (2012), donde se compararon tres fórmulas de valoración usadas por municipios chilenos con cuatro fórmulas internacionales, se constató que CTLA y dos locales presentarían los mejores desempeños, resultado que luego fue ratificado por Ponce-Donoso *et al.* (2013), quienes comparan estas fórmulas con otras cuatro nacionales.

A pesar de los cuestionamientos que se plantearon sobre el carácter subjetivo de la CTLA (10) se debe tener presente que estas incluyen consideraciones de tipo económico, de funcionalidad del árbol y de las características que le son propias al momento de realizar la valoración.

En Chile, la valoración del arbolado urbano tiene su principal aplicación en actuaciones realizadas por

municipalidades, que a través de los Juzgados de Policía Local se incorporan causas para buscar una compensación económica frente a hechos relacionados con la pérdida del bien público que representa el árbol urbano, producto de accidentes, vandalismo u otras causas (28).

Objetivos

Comparar los valores monetarios obtenidos en la aplicación de dos fórmulas chilenas y diez internacionales, a fin de contrastar sus desempeños para valorar el arbolado urbano y proponer el uso de algunas de ellas en la actuación municipal, de juzgados de policía local, cortes de justicia y de actividades profesionales.

Identificar si los evaluadores considerados tienen influencia en el resultado de las evaluaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio consideró el arbolado urbano público de tres comunas de Chile: Santiago, ubicada en la Región Metropolitana a 579 m s. n. m., con una superficie de 22,4 km² y 200,8 mil habitantes. La comuna de Talca, ubicada en la Región del Maule a 102 m s. n. m., con una superficie de 232 km² y 201,8 mil habitantes. La comuna de Concepción, ubicada en la Región del BioBio a 12 m s. n. m., con una superficie de 221,6 km² y 216,1 mil habitantes (2).

Se aplicaron 12 fórmulas para valorar monetariamente el arbolado urbano, dos que se utilizan en ciudades de Chile y 10 fórmulas de otros países recopiladas desde la literatura. Considerando que algunas de ellas son para

tasar especies específicas, al aplicarlas en conjunto el número máximo posible de especies a seleccionar fue de 24. Por la disposición de las especies en las tres ciudades consideradas, se tasaron 16 de las 24 especies factibles.

Las especies y especímenes seleccionados fueron elegidas al azar del espacio urbano del centro y sus alrededores en cada una de las ciudades, previendo la mayor variabilidad en cuanto a representación de especie, ubicación y condición.

El diseño se complementa con la participación de 4 evaluadores, todos ellos profesionales ingenieros forestales, quienes participaron en una jornada de inducción de la temática y fórmulas a aplicar.

El número total de evaluaciones realizadas ascendió a 1.440. Las características de los árboles evaluados se resumen en la tabla 1 (pág. 199).

El trabajo de campo se desarrolló durante los meses de diciembre de 2013 y febrero de 2014, donde se midió variables dendrométricas y se estimó variables relacionadas con la estética, condición sanitaria y ubicación. Además, se recopiló precios de venta en viveros locales, tanto al por mayor como al detalle y costos de mantenimiento anual, cuyo valor fue proporcionado por la Ilustre Municipalidad de Talca y complementado con información de la Ilustre Municipalidad de Santiago.

El costo de mantenimiento se calculó sobre la base de los costos anuales por poda y otras labores de manejo.

El precio en vivero de las especies fue el de mercado, con base a alturas promedio de venta minorista y mayorista (que logran un descuento del 30% del precio al detalle), en viveros ubicados en las regiones Metropolitana, Maule y BioBio.

Tabla 1. Características de los árboles seleccionados por ciudad.

Table 1. Characteristics of the selected trees by city.

Árbol (μ)	Nombre científico	Edad (años)	Ubicación (†)	Condición sanitaria
1	<i>Melia Azedarach</i> L.	30	CP	Buena
2	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	30	CS	Buena
3	<i>Acacia dealbata</i> Link	30	CP	Buena
4	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	40	CP	Buena
5	<i>Acer negundo</i> L.	20	CP	Mediana
6	<i>Platanus orientalis</i> L.	30	AV	Buena
7	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	50	CP	Buena
8	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	75	PL	Mediana
9	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	9	CS	Buena
10	<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	35	AV	Buena
11	<i>Acer negundo</i> L.	24	CP	Mediana
12	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	25	PQ	Buena
13	<i>Ginkgo biloba</i> L.	111	PL	Buena
14	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	7	CS	Buena
15	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	25	CP	Baja
16	<i>Quercus robur</i> L.	60	PQ	Mediana
17	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	28	PL	Buena
18	<i>Platanus orientalis</i> L.	100	CP	Buena
19	<i>Betula pendula</i> Roth	12	CP	Mediana
20	<i>Acacia dealbata</i> Link	32	CS	Buena
21	<i>Quercus robur</i> L.	60	PL	Buena
22	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	45	CP	Buena
23	<i>Acer negundo</i> L.	45	CS	Mediana
24	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	72	PQ	Buena
25	<i>Fraxinus americana</i> L.	40	PQ	Mediana
26	<i>Platanus orientalis</i> L.	80	CP	Buena
27	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	35	CP	Buena
28	<i>Betula pendula</i> Roth	20	PL	Baja
29	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	35	PL	Buena
30	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	25	PQ	Baja

† AV: Avenida Principal; CP: Calle Principal; CS: Calle Secundaria; PQ: Parque; PL: Plaza.
 μ Árboles 1 al 10 ubicados en Santiago, 11 al 20 en Talca y 21 al 30 en Concepción.

† AV: Main Avenue; CP: Main Street; CS: Secondary Street; PQ: Park; PL: Square.

μ Trees 1 to 10 located in Santiago, 11 to 20 in Talca and 21 to 30 in Concepción.

Las fórmulas consideradas en este estudio son las siguientes:

Municipalidades de Concepción, La Pintana y Maipú (Chile, denominada en este artículo COPIMA).

$$\text{Valor (\$)} = (A * B * C * D) / 10$$

donde:

A = precio de la especie en el mercado local

B = valor estético y sanitario del árbol

C = índice de situación

D = índice de dimensiones

Municipalidad de Peñalolén (Chile).

$$\text{Valor (\$)} = 0,2 \text{ UTM} * e + A * B * VA$$

donde:

UTM = Unidad Tributaria Mensual

A = factor de localización

B = estado del árbol como porcentaje del daño presente

VA = valor del árbol, según especie y edad

Amenity valuation of tree and woodlands (Helliwell de Gran Bretaña).

El método valoriza las amenidades visuales en base a puntos de 1,0 a 4,0 para siete factores.

Valor (\$) = tamaño del árbol * expectativa de vida útil * importancia en el espacio * presencia de otros árboles * relación de otros factores * forma * monto en dinero.

Standard Tree Evaluation Method (STEM de Nueva Zelanda).

La fórmula utiliza un sistema de puntos en base a 20 atributos (3 a 27 puntos para cada uno) en aspectos de condición, amenidad y características especiales de notabilidad.

Valor (\$) = [total de puntos (540 posibles) * costo mayorista + costo de plantación + costo mantención] * factor de conversión minorista (sugerido 2).

Método Francés

Corresponde a un método que establece un índice relacionado con el mantenimiento y cuidado del árbol. Se basa en el método suizo, al que se incorpora una expresión en orden a fijar un valor monetario en parques y jardines privados.

$$\text{Valor (\$)} = E * B * U * D$$

donde:

E = índice de especie y variedad, basado en el precio de referencia en vivero

B = índice sanitario y estético

U = índice estético y de ubicación

D = índice de dimensión.

Método Italiano

$$\text{Valor (\$)} = P * I * S * C$$

donde:

P = precio de la misma especie en viveros locales

I = refleja el estado de salud y apariencia del árbol

S = índice de ubicación, rural o urbana

C = índice de tamaño

TEDESCO

$$\text{Valor (\$)} = Vb * ID * IP * IC * IIA * IE * IR$$

donde:

Vb = valor base relacionado con el precio de mercado

ID = índice de dimensión en función del DAP o circunferencia

IP = índice de posición

IC = índice de condición, que incluye distanciamiento entre árboles, desarrollo del árbol, estado vegetativo y daño

IIA = índice de compatibilidad ambiental, que considera variables de inserción en el paisaje, compatibilidad con el tipo de suelo y ejecución de la plantación

IE = índice de edad, que se relaciona con la edad que tienen el árbol que supera la edad promedio de la especie.

IR = índice de reducción por daño al fuste.

Norma Granada (de la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos)

La fórmula corresponde para árboles no sustituibles.

$$\text{Valor (\$)} = (\text{Vb} * \text{Els}) * (1 + \text{Ele})$$

donde:

Vb = valor básico del árbol, el que se determina con la función: $\omega * \mu * (0,0059 * p^2 + 0,0601 * p - 0,324)$

ω = coeficiente actualizado correspondiente a la especie, fijada para cada zona climática según Köppen:

μ = coeficiente corrector edafológico

p = perímetro del tronco a 1 m de altura

Els = factores intrínsecos del árbol (zona radical, tronco, ramas principales estructurales, ramas secundarias y terminales, hojas)

Ele = factores extrínsecos del árbol (estético y funcional, representatividad y rareza, situación)

Council of tree and landscape appraisal (de Estados Unidos).

El método considera el área de la sección transversal del tronco a 1,4 m sobre el nivel del suelo, multiplicado por un valor basado en el costo de la especie disponible en viveros regionales.

El valor es depreciado por factores tales como condición, ubicación y calidad.

$$\text{Valor (\$)} = (\text{área del tronco (cm}^2\text{)} * \text{precio básico/cm}^2\text{)} * \text{especie} * \text{condición} * \text{localización}$$

Donde el factor especie relaciona atributos del árbol: crecimiento, expectativa de vida, adaptabilidad a las condiciones ambientales, requerimientos de mantención, amenidades y otras. La condición se relaciona con las características de sanidad y vigorosidad del árbol. La ubicación corresponde al emplazamiento que el árbol tenga en la ciudad.

Método Burnley (de Australia).

$$\text{Valor (\$)} = \text{volumen del árbol} * \text{valor base} * \text{expectativa de vida} * \text{forma y vigor} * \text{localización}$$

Donde se le asignan una serie de puntos que se relacionan con el volumen del árbol, el que corresponde al de un cono invertido; al valor base, que es el costo por metro cúbico en viveros minoritas y demás factores de forma, vigor y localización.

Método Danés.

$$\text{Valor (\$)} = B * H * L * A$$

donde:

B = valor base, que se expresa como:

$$E + (P_n / C_n) * (C_d / C_n)$$

E = costos de establecimiento

P_n = precio de un árbol nuevo

C_n = circunferencia de un árbol nuevo

C_d = circunferencia del árbol evaluado

H = índice de salud, que se expresa como la condición de: $(r + t + rp + rs + f) / 25$, siendo raíces (r); tronco (t); ramas principales (rp); ramas secundarias y ramillas (rs), hojas y brotes (f)

L = índice de ubicación, que se expresa como: $(n + a + ve + v + fa) / 25$, siendo adaptación natural-ecológica (n); arquitectura (a); valor estético (ve); visibilidad (v) y factores ambientales (fa)

A = índice de edad, que se expresa $[((b - a) * 2) / b]^{\wedge}2$, donde a = edad actual; b = expectativa de vida.

Método Suizo

$$\text{Valor (\$)} = Pb * ID * IP * IES * IR$$

donde:

Pb = precio base

ID = índice de dimensión, en función a la circunferencia del tronco

IP = índice de ubicación, que varía desde el centro de la ciudad y una zona rural

IES = índice estético y condición sanitaria, que se relaciona con el vigor vegetativo y la condición sanitaria

IR = índice de reducción por daño, que se aplica como porcentaje sobre el tronco.

Para el análisis estadístico de los datos se usó el promedio y la mediana de la valoración, para las fórmulas y tasadores, ya que la mediana ayuda a reducir el impacto de los valores extremos. Se plantearon las siguientes hipótesis para las fórmulas de valoración y evaluadores:

- $H_0: \alpha_i = \alpha_j / i \neq j$;

(es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las fórmulas y de los evaluadores).

- $H_0: \alpha_i \neq \alpha_j / i \neq j$;

(es decir, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las fórmulas y de los evaluadores).

Se usó análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas de valoración, tanto para los ejemplares

analizados como para los tasadores. Dado que los supuestos de homocedasticidad y normalidad no se cumplieron en el análisis previo, debido a que se obtuvo un elevado coeficiente de variación (219,2%) y que el sesgo y curtosis estandarizado (6,8 y 65,6 respectivamente) superaron el valor límite preestablecido de 2,0, no fue posible aplicar estadística paramétrica, inclusive usando las transformaciones sugeridas por Kirk (1995). En estos casos se debe recurrir al análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (5), el cual es menos sensible a la presencia de valores atípicos.

Los datos originales de las valoraciones obtenidas con la aplicación de las fórmulas son transformados a un ranking, dependiendo de su posición en el ordenamiento ascendente de los datos. Esto quiere decir que en el ranking 1 corresponde la menor valoración (USD 0,0) y el ranking 1.440 la mayor valoración (USD 81.188,9). El ranking intermedio corresponde a las valoraciones intermedias.

Se encontró diferencias significativas entre las fuentes de variación, por lo que se aplicó la prueba de diferencias mínimas (DMS; $p \leq 0,001$) descrito por Conover (1999). Para el análisis de los datos se utilizó los programas Microsoft Excel v. 2003 y Statgraphics Centurión v. XVI, ambos para Windows.

RESULTADOS

En la tabla 2 (pág. 204) se presentan los valores promedios de la aplicación de las doce fórmulas. Se aprecia que el mayor valor (USD 37.845,9) correspondió a la especie *G. biloba* L. con la fórmula de Helliwell, mientras que el menor (US\$ 24,8) fue para la especie *B. pendula* Roth con la fórmula CTLA. Ambos valores extremos se obtuvo en la ciudad de Talca.

El análisis de varianza de Kruskal-Wallis determinó que las fórmulas de valoración usadas presentaron diferencias estadísticamente significativas, cuyo estadígrafo fue de 682,7 ($p < 0,001$), mientras que para los evaluadores no hubo diferencia estadísticamente significativa y el estadígrafo fue de 2,1 ($p > 0,05$).

Se agrupó las doce fórmulas en seis grupos homogéneos (tabla 3, pág. 205 y figura 1a, pág. 205), mientras que para los tasadores fue solo en un grupo (tabla 3, pág. 205 y figura 1a, pág. 205).

DISCUSIÓN

La composición de las fórmulas sigue siendo la razón principal por la cual los resultados en promedio se presentan tan dispares (6, 27, 28, 33). Se rechaza la hipótesis nula, es decir, se encontró diferencias estadísticas entre las fórmulas; lo que conlleva a que se formen 6 grupos (A a F), lo que se debería a la composición de cada una de ellas y la ponderación que cada una de las variables tiene.

En cuanto a los tasadores, se acepta la hipótesis nula, ya que no se encontró diferencias estadísticas entre tasadores, conformándose un único grupo (G). Esto último es un hallazgo interesante, dado que mostró que en etapas iniciales vinculadas con labores de tasación, no se encontrarían diferencias.

Las fórmulas que presentaron la más alta dispersión de los valores son CTLA, N. Granada, M. Francés M. Italiano, M. Suizo y Tedesco (figura 1a, pág. 205) lo que permitió observar la capacidad que tienen para discriminar de manera más adecuada los individuos, ya sean grandes o pequeños, vigorosos o dañados, tal como lo señala Ponce-Donoso *et al.* (2013), lo anterior se debería al tipo de modelo que sustenta la fórmula (30).

La prueba DMS (tabla 3, pág. 205) permitió organizar las fórmulas en seis grupos homogéneos, siendo las fórmulas del M. Danés (Grupo A) y M. Francés (Grupo B) las que presentaron diferencias estadísticamente significativas de manera separada cada una de las otras fórmulas, en ambos casos resultaron ser los que presentaron los menores valores medios de las tasaciones. Este resultado es similar a lo encontrado por Ponce-Donoso *et al.* (2012), quienes compararon la aplicación de 7 fórmulas en 14 árboles con un único evaluador; 3 fórmulas chilenas y 4 extranjeras, las que se agruparon en 3 grupos, uno de ellos compuesto por CTLA, COPIMA y las usadas por el municipio de Peñalolén y la fórmula de Helliwell; mientras que en un segundo estudio (28), compararon 8 fórmulas (7 chilenas y una extranjera) también con un único evaluador, aplicadas a 28 árboles, agrupándose en 4 grupos uno de ellos compuesto por CTLA, COPIMA y a la usada por el Municipio de Renca.

De la composición de los demás grupos, más allá de cómo se ordenan en el ranking, llama la atención que CTLA componga grupo con M. Peñalolén y el M. Suizo y no con COPIMA, que fue uno de los resultados presentados por Ponce-Donoso *et al.* (2013), donde sugieren el uso para Chile de COPIMA por su similitud con CTLA y porque obtiene valores medios bajo, cuestión importante de considerar a la hora de su aplicación debido al ingreso real de la población. Por su parte, el M. Suizo, siendo una derivación del M. Francés, presentó valores promedios más altos en las tasaciones, cuyas diferencias los ubicaron en grupos separados.

COPIMA conforma un grupo con el M. Italiano con valores promedio medios, que se ubican en la medianía del ranking, le siguen la N. Granada que hace grupo con Tedesco; luego Burnley, Helliwell y STEM.

Tabla 2. Valoración por árbol (USD promedio).
Table 2. Monetary value by tree (USD average).

Árbol	M. Danés	M. Francés	CTLA	M. Suizo	M. Peñalolén	M. Italiano	COPIMA	N. Granada	Tedesco	Helliwell	STEM	Burnley
1	150,9	173,5	219,8	249,8	450,2	418,1	411,7	3.055,8	1.011,3	2.396,2	1.755,8	1.787,7
2	201,3	191,8	215,8	452,0	450,1	524,0	642,5	575,6	1.902,5	3.805,7	4.065,8	7.841,8
3	228,3	339,0	300,7	604,4	450,2	729,7	616,4	1.558,5	2.628,5	4.017,2	3.184,8	4.633,8
4	183,8	219,1	282,7	472,5	600,2	543,6	820,4	987,6	2.033,1	8.562,9	2.998,3	4.201,7
5	99,5	47,9	36,6	85,3	300,1	132,5	286,4	211,7	246,4	3.570,8	1.874,7	2.798,4
6	165,3	147,6	235,1	365,7	450,1	474,7	581,3	920,8	1.327,7	6.554,3	3.846,5	6.484,1
7	157,3	172,1	267,0	404,1	750,3	483,7	509,7	978,3	1.525,6	3.782,2	2.085,2	3.118,6
8	319,1	916,8	1.421,0	1.095,9	1.125,4	1.583,2	1.656,0	3.417,4	5.834,4	6.078,6	3.793,6	3.778,4
9	193,1	75,4	45,6	205,4	1.35,0	203,6	219,6	325,2	304,3	8.245,7	4.690,3	10.636,1
10	330,0	357,4	693,5	924,0	525,2	1.055,3	2.307,3	1.226,7	3.181,3	3.500,3	8.444,1	11.216,3
11	153,3	255,1	288,4	359,1	360,1	686,6	705,7	1.644,8	1.576,9	3.206,7	1.946,9	1.653,1
12	296,5	595,6	994,1	982,0	375,1	1.282,9	1.145,5	2.339,4	7.092,7	33.617,3	2.327,4	1.892,0
13	949,2	2.348,2	11.645,4	4.355,9	1.665,5	4.944,5	5.563,6	34.298,0	37.405,7	37.845,9	9.856,8	4.713,1
14	197,1	64,0	65,0	193,2	105,0	203,6	282,8	341,0	248,0	6.184,3	5.248,8	12.163,4
15	81,5	92,6	66,1	161,7	375,1	287,2	533,2	572,3	590,4	1.444,8	2.512,3	1.224,7
16	344,9	1.027,3	2.781,2	1.029,6	900,4	2.500,6	2.479,5	24.963,0	18.710,6	5.450,2	5.975,4	3.536,8
17	193,8	215,6	398,5	544,6	420,1	605,1	645,8	2.756,6	2.162,5	9.514,3	2.152,8	3.860,8
18	470,5	1.359,6	4.296,5	2.152,2	1.500,5	2.575,0	2.966,7	11.379,2	15.143,6	23.492,2	5.531,9	1.415,6
19	115,3	37,6	24,8	61,4	180,1	83,2	109,1	241,6	140,3	1.902,9	2.530,3	4.562,5
20	95,6	332,2	419,6	493,0	480,2	711,7	776,6	2.002,2	1.200,2	986,7	2.348,2	1.812,8
21	291,9	584,0	707,5	745,9	900,4	1.327,3	1.254,0	4.695,9	4.586,5	8.527,7	6.532,8	7.461,6
22	498,7	1.117,1	2.811,0	2.927,1	675,2	3.258,2	3.194,2	11.111,3	12.734,1	9.408,6	6.016,8	7.451,5
23	113,3	75,1	132,4	206,4	675,2	238,0	409,1	542,3	942,9	8.263,4	2.019,2	2.518,6
24	365,7	752,4	2.139,8	1.002,3	1.080,4	1.478,4	1.476,7	6.869,3	8.294,7	11.276,2	3.094,3	2.279,1
25	340,5	728,8	1.133,7	1.083,2	600,2	1.246,7	1.045,2	4.948,9	8.021,5	21.236,9	2.669,4	2.585,9
26	416,9	1.468,2	2.631,1	2.526,8	1.200,4	2.930,8	2.706,1	12.795,7	18.934,3	16.632,4	4.913,9	3.575,7
27	177,6	294,0	351,6	694,9	525,2	780,0	765,0	3.648,4	2.022,3	2.854,3	2.275,0	1.889,9
28	120,9	277,0	340,9	620,4	300,1	611,6	859,1	2.286,5	1.935,4	1.315,6	2.722,3	2.438,2
29	264,4	497,1	856,7	862,0	975,3	954,2	1.129,1	4.061,2	4.286,8	14.377,2	2.029,6	2.048,6
30	55,4	150,8	119,2	159,6	375,1	296,9	577,1	718,8	531,9	273,1	1.915,8	1.994,5

Tabla 3. Prueba de significancia mínima significativa (DMS) para fórmula y tasadores.
Table 3. Least significance difference (LSD) test for formula and appraisers.

Fórmula	Ranking Promedio	Grupos Homogéneos	Evaluador	Ranking Promedio	Grupos Homogéneos
M. Danés	256,9	A	Tasador 1	694,3	G
M. Francés	385,9	B	Tasador 2	722,6	G
CTLA	487,7	C	Tasador 3	730,1	G
M. Suizo	522,6	C	Tasador 4	735,0	G
M. Peñalolén	531,0	C			
M. Italiano	627,8	D			
COPIA	679,6	D			
N. Granada	923,8	E			
Tedesco	932,0	E			
Burnley	1.093,1	F			
Helliwell	1.093,6	F			
STEM	1.111,9	F			

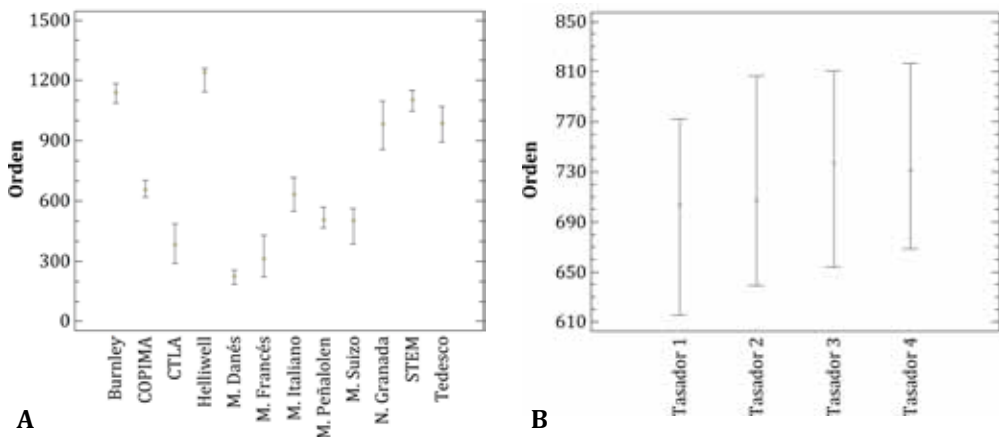


Figura 1. Mediana, error estándar y ranking a) fórmulas y b) tasadores.
Figure 1. Average, standard error and ranking a) formulas and b) appraiser.

En este último grupo destaca el hecho que Burnley se encuentre entre los valores más altos de la serie de tasaciones, ya que según Watson (2001), fue la fórmula que presentó menores valores respecto de las demás fórmulas estudiadas. En general estos métodos han presentado valores relativos altos en otros estudios realizados (27, 28).

Por otro lado, es posible deducir con estos resultados que la experiencia de los tasadores no influiría, al menos de manera agregada, en la agrupación de las fórmulas, cuyas diferencias obedece a la propia característica de la fórmula. Sin embargo, a fin de corroborar esta hipótesis, habría que replicar la metodología incorporando tasadores con mayor nivel de experiencia y

observar cómo se comportan las diferentes fuentes de variación, las fórmulas y los dos tipos de tasadores, tanto en el valor de las tasaciones, como en la agrupación en las que se disponen.

En consideración a los resultados, se sugiere analizar con mayor profundidad las fórmulas que presentaron un mejor desempeño, ampliando la base de evaluadores.

CONCLUSIONES

No se observó diferencias estadísticamente significativas entre tasadores sin experiencia, no siendo una fuente de variación relevante al momento de aplicar fórmulas para valorar el arbolado urbano, aceptándose la hipótesis nula planteada.

Se observó diferencias estadísticamente significativas entre las 12 fórmulas analizadas, siendo una fuente relevante de variación, conformándose seis grupos homogéneos, por lo cual se rechaza la hipótesis nula.

En general, las fórmulas logran rescatar las características de la especie a tasar, con lo cual se obtienen valores

más altos para especies que se aprecian de mayor valor y mejores características, de aquellos especímenes que se observan más disminuidos en los atributos que son considerados en las fórmulas.

Dado el desempeño que las fórmulas presentan, no es posible recomendar una en particular, ya que no se observa una fórmula que muestre una amplia capacidad de discriminación, que signifique obtener valores pequeños para árboles con un valor menor y cifras mayores para árboles con mayor valor monetario. Sin embargo, se recomienda el uso de CTLA, M. Francés, M. Italiano y N. Granada, ya que presentarían mayor capacidad de discriminación. Por lo cual el uso de una u otra dependerá de las variables que se deseen relevar y del monto en dinero que se estime como compensación al momento de la tasación.

Finalmente, se requiere ampliar el estudio de las fórmulas presentadas, incorporando un equipo de evaluadores con más experiencia y ampliar el número de tasaciones, de forma que permitan mejorar el análisis de las diferencias encontradas de las fuentes de variación y sus interacciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Española de Parques y Jardines Públicos (AEPJP). 2007. Norma Granada. Método para valoración de árboles y arbustos ornamentales. 3ª Ed. Madrid. 53 p.
2. Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). Reportes Estadísticos Distritales y Comunales 2013. Disponible en: <<http://reportescomunales.bcn.cl>>. Acceso: 10 enero. 2014.
3. Caballer, V. Valoración de Árboles. Madrid. Mundi-Prensa. 1999. 247 p.
4. Cullen, S. Putting a value on trees – CTLA guidance and methods. 2007. Journal of Arboriculture. 30: 21-43.
5. Conover W. 1999. Practical nonparametric statistics. 3th Edition. New York, USA. John Wiley. 584 p.
6. Contato-Carol, M. L.; Ayuga-Tellez, E.; Grande-Ortiz, M. A. 2008. A comparative analysis of methods for the valuation of urban trees in Santiago del Estero, Argentina. Spanish Journal of Agricultural Research. 6: 314-352.
7. Cordell, H.; Anderson, L.; Berisford, C.; Berisford, Y.; Biles, L.; Black, P.; De Graaf, R.; Deneke, F.; Dewers, R.; Gallaher, J.; Grey, G.; Ham, D.; Herrington, L.; Kielbaso, J.; Moll, G.; Mulligan, B. 1984. Urban Forestry, Section 16. In: Forestry Handbook, Wenger, K. (ed). 1984. Washington. 2th Edition. Wiley Interscience. 1984. 887-983 p.

8. CTLA (Council of Tree & Landscape Appraiser, US). 2000. Guide for Plant Appraisal (9th Ed.) International Society of Arboriculture. Champaign. IL. 143 p.
9. Cullen, S. 2005. Tree appraisal: chronology of North American industry guidance. *Journal of Arboriculture*. 31: 157-162.
10. Chueca, J. 2001. La Norma Granada: un método de valoración económica de los árboles ornamentales. Disponible en: <www.drac.com/pers/chueca/Granada.htm>. Acceso en: 15 oct. 2007.
11. Dobbs, C.; Escobedo, F.; Zipperer, W. C. 2011. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*. 99: 196-206.
12. Donovan, G.; Butry. D. 2005. Tree in the city: Valuing street trees in Portland, Oregon. *Landscape and Urban Planning*. 92: 77-83.
13. Farreras, V. 2014. Valoración económica de los efectos de la presión antrópica sobre el piedemonte mendocino. Una aplicación de los experimentos de elección discreta. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 46(2): 113-133.
14. Flook, R. A Standard Tree Evaluation Method – STEM. 1996. *Journal of the New Zealand Institute of Horticulture*. 1: 29-37.
15. Grande-Ortiz, M.; Ayuga-Tellez, M.; Contato-Carol, M. 2012. Methods of tree appraisal: a review of their features and application possibilities. *Arboriculture & Urban Forestry*. 38: 130-140.
16. Hegedüs, A.; Gaál, M.; Bérces, R. 2011. Tree appraisal methods and their application first results in one Budapest's districts. *Applied Ecology and Environmental Research*. 9: 411-423.
17. Kirk, R. 1995. *Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences*. 3th Edition, Pacific Grove: Brooks/Cole Publishing Company and International Thompson Publishing Company. California, United States. 921 p.
18. Konijnendijk, C.; Syaka, S.; Randrup, T.; Schipperijn, L. 2004. Urban and peri-urban forestry in the development context: strategic and implementation. *Journal of Arboriculture*. 30: 269-276.
19. Konijnendijk, C.; Kjell, N.; Randrup, T.; Schipperijn, L. 2005. *Urban Forest and Trees*. Amsterdam, Holanda. Springer Verlag. 520 p.
20. Miller, R. W. 1997. Planeamiento del enverdecimiento urbano. Capítulo 4. En: Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Krishnamurthy L, y J. Rente Nacimiento (Eds.). Banco Interamericano de Desarrollo (BID), México. p. 83-108.
21. Moore, G. M.; Arthur. T. 1992. Amenity tree evaluation: A revised method. In: Arthur, T. (ed.) *The Scientific Management of Plants in the Urban Environment*. Proceedings of the Burnley Centenary Conference. Centre for Urban Horticulture. Melbourne, Australia. p. 166-171.
22. Nowak, D. J. 1993. Compensatory value of an urban forest: an application of the tree-value formula. *Journal of Arboriculture*. 19: 173-177.
23. Nowak, D.; Crane, D.; Dwyer, J. 2002. Compensatory value of urban trees in the United States. *Journal of Arboriculture*. 28: 194-199.
24. Pauleit, S.; Jones, N.; García-Marín, G.; García-Valdecantos, J. L.; Riviére, L. M.; Vidal-Beaudet, L.; Bodson, M.; Raundrup, T. 2002. Tree establishment practice in towns and cities: results from European survey. *Urban Forest and Urban Greening*. 1: 83-96.
25. Petersen, K.; Straka, T. 2011. Specialized discount cash flow analysis formulas for valuation of benefits and cost of urban trees and forest. *Arboriculture & Urban Forestry*. 37: 200-206.
26. Ponce-Donoso, M.; Moya, L; Bustos-Letelier, O. 2009. Evaluation of formula for the appraisal of urban trees in municipalities of Chile. *Scientia Forestalis*. 37: 321-329.
27. Ponce-Donoso, M.; Vallejos-Barra, O.; Daniluk-Mosquera, G. 2012. Comparación de fórmulas chilenas e internacionales para valorar el arbolado urbano. *Revista Bosque*. 33: 69-81.
28. Ponce-Donoso, M.; Vallejos-Barra, P.; Daniluk-Mosquera, G.; Avilés-Palacios, C. 2013. Comparison of seven Chilean formulae for urban tree appraisal. *Agrociencia*. 47: 723-737.
29. Price, C. 2003. Quantifying the aesthetic benefits of urban forestry. *Urban Forest and Urban Greening*. 1: 123-134.
30. Randrup, T. B. 2005. Development of Danish model for plant appraisal. *Journal of Arboriculture*. 31: 114-123.

31. Tyrväinen, L. 2001. Economic valuation of urban forest benefits in Finland. *Journal of Environmental Management*. 62: 75-92.
32. Tyrväinen, L.; Silvennoinen, H.; Kolehmainen, O. 2003. Ecological and aesthetic value in urban forest management. *Urban Forest and Urban Greening*. 1: 135-149.
33. Watson, G. 2001. A study of CTLA formula Values. *Journal of Arboriculture*. 27: 289-297.
34. Watson, G. 2002. Comparing formula methods of tree appraisal. *Journal of Arboriculture*. 28: 11-18.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología de Chile (FONDECYT) por el apoyo recibido para la ejecución del Proyecto 1130264.