

COMPARACIÓN DE SIETE FÓRMULAS CHILENAS PARA LA VALORACIÓN DEL ARBOLADO URBANO

COMPARISON OF SEVEN CHILEAN FORMULAS FOR URBAN TREE APPRAISAL

Mauricio Ponce-Donoso^{1*}, Óscar Vallejos-Barra¹, Gustavo Daniluk-Mosquera², Carmen Avilés-Palacios³

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Avenida Lircay s/n, Casilla 747, Talca. Chile. (mponce@utalca.cl). ²Departamento Forestal, Universidad de La República. Avenida Garzón 780, CP 12900, Montevideo. Uruguay. ³Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n. 28040. Madrid. España.

RESUMEN

Los árboles urbanos aportan al ambiente a través de sus funciones biológicas y amenidades, y son un valor económico y social para las ciudades, así como un valor en sostenibilidad. Sin embargo, su valor en términos monetarios es difícil de cuantificar, se obtiene principalmente mediante fórmulas, siendo una práctica adoptada en diversas ciudades. El objetivo del presente estudio fue comparar siete fórmulas usadas en diez municipios de Chile (siete comunas del gran Santiago: La Florida, La Pintana, Maipú, Ñuñoa, Peñalolén, Renca y Vitacura; y tres ciudades: Antofagasta, Concepción y Talca), incluyendo la fórmula del Council of Tree Landscape Appraiser (CTLA) de EE.UU. Las fórmulas se aplicaron a dos árboles de 14 especies seleccionadas en diferentes contextos urbanos en Talca, determinando las diferencias y similitudes de los resultados monetarios de la tasación. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis y la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher (DMS). Los resultados muestran dispersión amplia de los valores monetarios obtenidos por fórmula y por especie, con diferencias estadísticamente significativas en ambos casos. Sólo la fórmula de las municipalidades Concepción, La Pintana y Maipú (COPIMA) tiene un desempeño similar a la del CTLA respecto a la dispersión de los valores obtenidos. Los resultados concuerdan con estudios internacionales que sugieren el uso de fórmulas para valorar el arbolado urbano, especialmente cuando incluyen variables como ubicación, estado y amenidades del árbol, en comparación con aquellas fórmulas de capitalización o las orientadas sólo

ABSTRACT

Urban trees contribute to environment through their biological and amenity functions, and are an economic and social value for cities, as well as a sustainability value. However, their value in monetary terms is difficult to quantify, it is given mainly by formulas, being a practice adopted in several cities. The objective of this study was to compare seven formulas used in ten municipalities of Chile (seven communes of the great Santiago: La Florida, La Pintana, Maipú, Ñuñoa, Peñalolén, Renca and Vitacura; and three cities: Antofagasta, Concepción and Talca), besides the formula of Council of Tree Landscape Appraiser (CTLA) USA. The formulas were applied to two trees of 14 species selected in different urban contexts in Talca, determining the differences and similarities of the monetary results of the appraisal. For the statistical analysis the Kruskal-Wallis nonparametric variance test and the Fisher's least significant difference (LSD) test were used. The results show a wide dispersion of monetary values obtained by formula and per specie, with statistically significant differences in both cases. Only the formula of the municipalities Concepción, La Pintana and Maipú (COPIMA) has a similar performance to that of CTLA regarding the dispersion of the values obtained. The results are consistent with international studies that suggest the use of formulas to assess the urban trees, especially when including variables such as location, condition and amenities of the tree, as compared to those formulas of capitalization or those that are oriented only to assess damage. For Chile, the best formula recommended was that of COPIMA.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: enero, 2013. Aprobado: agosto, 2013.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 47: 723-737. 2013.

Key words: arboriculture, trees appraisal, tree value.

a valorar daño. Para Chile, la mejor fórmula recomendada fue la de COPIMA.

Palabras clave: arboricultura, tasación de árboles, valor del árbol.

INTRODUCCIÓN

El concepto de arbolado urbano se origina en la década de 1960 en Norteamérica y en la de 1980 en Europa (Konijnendijk *et al.*, 2005; Piolet *et al.*, 2002) y se define como las áreas arboladas ubicadas en los sectores urbanos y cerca de ellos (Tyrväinen *et al.*, 2003). Estos lugares son cinturones verdes, parques, veredas residenciales y comerciales, parques industriales, sitios eriazos, calveros, zonas bajas de cuencas y otros sitios urbanos (Cordell *et al.*, 1984), y constituyen un valor económico y de sostenibilidad para las ciudades (Tyrväinen *et al.*, 2003; Konijnendijk *et al.*, 2004; Ponce-Donoso *et al.*, 2009). Pero no es fácil determinar su valor monetario, y aunque existen diversos procedimientos (Watson, 2002; Price, 2003; Tyrväinen *et al.*, 2003), no son métodos precisos, ya que requieren experiencia del evaluador. Además son influidos por el ámbito y la intención del uso de valor final. Los métodos son usados para la valoración de propiedades, requerimientos por reclamos, participación en litigios, tasación para procesos de expropiación, y determinación de pérdidas por daños causados por construcciones. Según Chueca (2001), el principal objetivo de las metodologías de valoración es la reducción de la subjetividad de las variables, lo cual se explicaría no por el método en sí mismo, sino por quién lo aplica a través del establecimiento de criterios y variables medibles.

La comprensión del valor de los árboles urbanos puede proporcionar la base para desarrollar un programa de evaluación y manejo en el contexto de una administración municipal (Nowak, 1993). Esta es la razón para encontrar formas relativamente fáciles de cuantificarlo, aplicables a una amplia variedad de especies arbóreas, que consideren el tamaño, la edad, el estado vegetativo y la ubicación (Caballer, 1999). Además es necesario encontrar un balance entre los procedimientos econométricos y la significancia histórica o simbólica de los componentes del entorno.

El método más común para valorar monetariamente el arbolado urbano es mediante fórmulas

INTRODUCTION

The concept of urban tree started in the 60's in North America and in the 80's in Europe (Konijnendijk *et al.*, 2005; Piolet *et al.*, 2002) and is defined as forested areas located both in urban sectors and near them (Tyrväinen *et al.*, 2003). These places are green belts, parks, residential and commercial sidewalks, industrial parks, empty lots, clearings, low watershed areas and other urban sites (Cordell *et al.*, 1984), and constitute an economic value and sustainability for cities (Tyrväinen *et al.*, 2003; Konijnendijk *et al.*, 2004; Ponce-Donoso *et al.*, 2009). But it is not easy to determine their monetary value, and although there are various methods (Watson, 2002; Price, 2003; Tyrväinen *et al.*, 2003), are not precise methods, since they require experience of the appraiser. They are also influenced by the scope and intended use of the final value. The methods are used for the valuation of property, requirements for claims, participation in litigation, taxation for expropriation proceedings and determination of losses by damages caused by buildings. According to Chueca (2001), the main objective of valuation methodologies is the reduction of subjectivity of the variables, explaining that such subjectivity is not due to the method itself, but by whom applies it through the establishment of criteria and measurable variables.

Understanding the value of urban trees can provide the basis for developing a program of evaluation and management in the context of a municipal administration (Nowak, 1993). This is the reason to find relatively easy ways to quantify it, applicable to a wide variety of tree species, considering size, age, vegetative state and location (Caballer, 1999). It is also necessary to find a balance between econometric procedures and historic or symbolic significance of the landscape components.

The most common method for monetary valuation on urban trees is by formulas (Watson, 2001). There are studies that evaluate formulas used in Argentina, Australia, Brazil, Chile, Denmark, Spain, USA, Finland, France, New Zealand and the UK (Tyrväinen, 2001; Contato-Carol *et al.*, 2008; Leal *et al.*, 2008), as well as in popular science articles (Harris, 2007; Sarajevs, 2011; Grande-Ortiz *et al.*, 2012).

(Watson, 2001). Hay estudios que evalúan fórmulas usadas en Argentina, Australia, Brasil, Chile, Dinamarca, España, EE.UU., Finlandia, Francia, Nueva Zelanda y Reino Unido (Tyrväinen, 2001; Contato-Carol *et al.*, 2008; Leal *et al.*, 2008), como también en artículos de divulgación (Harris, 2007; Sarajevs, 2011; Grande-Ortiz *et al.*, 2012).

Hay dos formas para valorar el arbolado, la multiplicativa o método paramétrico y la económica o de capitalización (Petersen y Straka, 2011). Según Contato-Carol *et al.* (2008), los métodos de capitalización son superiores a los paramétricos, especialmente cuando se aplican en el sector público, dada su simplicidad, facilidad y eficiencia. No obstante, Donovan y Butry (2010) los consideran inferiores a los métodos hedónicos o de valoración contingente.

Las principales fórmulas son: del Council of Tree and Landscape Appraisers Method, de los EE.UU. (CTLA, 2000), el método Burnley de Australia (Moore *et al.*, 1992), el Amenity of Trees and Woodlands de Gran Bretaña o método Helliwell, la Norma Granada de la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos (AEPJP, 2007), y el Standard Tree Evaluation Method (STEM) de Nueva Zelanda (Flook, 1996).

En un análisis de las fórmulas más comunes, Watson (2002) señala la subjetividad de los tasadores que generan diferencias importantes en las valoraciones, los valores más altos obtenidos con el método Helliwell, y la mayor variación entre los expertos que deriva del STEM. La presencia de variables multiplicativas puede incrementar estas diferencias. Además, los métodos CTLA y Burnley entregan valores menores, comparados con las fórmulas Granada, Helliwell y STEM. Ponce-Donoso *et al.* (2012) muestran valores altos para el método STEM, bajos para el Burnley y en el promedio para el CTLA. En cambio, Contato-Carol *et al.* (2008) mencionan que los métodos suizo y finés ofrecen valores mayores; el CTLA fue mediano al igual que el modelo francés, mientras que el método de capitalización sería el más objetivo. Pero, Cullen (2007) cuestiona la fórmula del CTLA por ser subjetiva, debido a que los valores asignados a las variables producen diferencias estadísticamente significativas. Según Randrup (2005), los elementos que soportan las fórmulas se basan en diferentes modelos, los que varían en forma y valor final del árbol. McPherson (2007) usa un modelo basado en el beneficio, y Leal *et al.* (2008) relacionan

There are two ways to assess the trees, the multiplicative or parametric method and economic or capitalization (Petersen and Straka, 2011). According to Contato-Carol *et al.* (2008), the capitalization methods are superior to those parametric ones, especially when applied in the public sector, given their simplicity, ease and efficiency. However, Donovan and Butry (2010) considered them inferior to the hedonic methods or of contingent valuation.

The main formulas are: the Council of Tree and Landscape Appraisers Method, of the United States (CTLA, 2000), the Burnley method of Australia (Moore *et al.*, 1992), the Amenity of Trees and Woodlands of Great Britain or Helliwell method, Norma Granada of the Spanish Association of Parks and Public Gardens (AEPJP, 2007), and the Standard Tree Evaluation Method (STEM) of New Zealand (Flook, 1996).

In an analysis of the most common formulas, Watson (2002) points out the subjectivity of appraisers that generate significant differences in the valuations, the highest values obtained with the Helliwell method, and the greatest variation among experts that derives from STEM. The presence of multiplicative variables may increase these differences. Additionally, CTLA and Burnley methods deliver lower values compared to the Granada, Helliwell and STEM formulas. Ponce-Donoso *et al.* (2012) show high values for the STEM method, low ones for the Burnley method and on average for CTLA. In contrast, Contato-Carol *et al.* (2008) mention that the Swiss and Finn methods offer higher values; the CTLA was medium like the French model, while the capitalization method would be the most objective. But, Cullen (2007) questions the CTLA formula to be subjective, due to the fact that values assigned to variables produce statistically significant differences. According to Randrup (2005), the elements supporting the formulas are based on different models, those that vary in shape and final value of the tree. McPherson (2007) uses a model based on profit, and Leal *et al.* (2008) relate investments on urban trees with land rent theory.

Cullen (2005) highlights the role of experts in these procedures. It turns out that local regulations are not easy to be implemented by the judges; it is required to implement a fine for the infringement and, besides, a financial compensation for the loss of public goods that the urban tree represents. In

las inversiones en arbolado urbano con la teoría de la renta del suelo.

Cullen (2005) destaca el rol de los expertos en estos procedimientos. Resulta que las normas municipales son difíciles de implementar por los jueces, pues se requiere aplicar una multa por la infracción, y además una compensación económica por la pérdida de los bienes públicos que el árbol urbano representa. En Chile, la valoración de los árboles urbanos realizada por las municipalidades, en la mayoría de los casos, se reduce al pago de una multa en el caso de dañar árboles. La pena se reduce al pago de una multa expresada en Unidades Tributarias Mensuales^[4] (UTM) (Ponce-Donoso *et al.*, 2009). En estos casos, el equipo técnico propone la multa contemplada en la ordenanza municipal al Juzgado de Policía Local, acorde con la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (Ministerio del Interior, 2007).

El objetivo de este estudio fue comparar los valores monetarios obtenidos en la aplicación de siete fórmulas chilenas y una internacional ampliamente difundida y recomendar la mejor fórmula chilena, considerando su desempeño para ser incorporada en las regulaciones municipales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio consideró el arbolado urbano público de la ciudad de Talca, región del Maule, Chile, ubicada a 102 msnm, entre 35° 25' 59" S y 71° 40' 00" O, con una superficie de 51 km² y 170 mil habitantes.

Dos árboles de 14 especies fueron seleccionados del estudio de Ponce-Donoso *et al.* (2009), con base en los criterios siguientes: 1) especie nativa o exótica, reseñando si es emblemática; 2) especies con mayor frecuencia en Talca; 3) edad del árbol, obtenida de los registros municipales; y 4) certeza que las variables pudieran medirse. La información fue proporcionada por el Departamento de Sistemas de Información Geográfica de la Municipalidad de Talca. El número de especímenes usados fue adecuado, considerando los estudios de Watson (2001), Contato-Carol *et al.* (2008) y Ponce-Donoso *et al.* (2012) que no superaron los

Chile, the valuation of urban trees carried out by municipal authorities, in most cases, is reduced to the payment of a fine in the event of damage to trees. Penalty is reduced to pay a fine expressed in Monthly Tax Units^[4] (UTM) (Ponce-Donoso *et al.*, 2009). In these cases, the technical staff proposes the Local Police Court a fine considered in the municipal ordinance in accordance with the Constitutional Organic Law of Municipalities (Ministry of Interior, 2007).

The objective of this research was to compare the monetary values obtained in the application of seven Chilean formulas and one international widely spread and to recommend the best Chilean formula, considering its performance to be incorporated into municipal regulations.

MATERIALS AND METHODS

The study considered public urban trees of Talca city, Maule region, Chile, located at 102 meters above sea level, between 35° 25' 59" S and 71° 40' 00" W, with an area of 51 km² and 170 000 inhabitants.

Two trees of 14 species were selected from the study of Ponce-Donoso *et al.* (2009), based on the following criteria: 1) native or exotic species, describing whether it is emblematic; 2) species most often in Talca; 3) age of the tree, obtained from municipal records; and 4) certainty that variables could be measured. The information was provided by the Department of Geographic Information Systems of the Municipality of Talca. The number of specimens used was adequate considering the studies of Watson (2001), Contato-Carol *et al.* (2008) and Ponce-Donoso *et al.* (2012) that did not exceed 14 trees and 70 appraisals. The selected tree characteristics are summarized in Table 1.

Field work was carried out in two stages. In the first stage, conducted between September and October 2007, included the measurement of dendrometric and aesthetic value variables, health condition and location; in the second it was determined sale price references in local nurseries, both wholesale and retail, costs of annual maintenance and removal of trees. This information was provided by the Department of Cleanness and

⁴ UTM: es a una expresión monetaria reajustada mensualmente de acuerdo con la variación del Índice de Precios al Consumidor (IPC), que es usada para efectos tributarios, deudas y multas. Fue creada para resguardar a las instituciones financieras de las variaciones de los préstamos durante periodos de alta e impredecible inflación. En octubre del 2012 el valor de la UTM fue CLP 39.649 (US\$ 79.3)

❖ ⁴ UTM: is a monetary expression that is adjusted monthly according to the variation of the Consumer Price Index (CPI), which is used for tax purposes, debts and fines. It was created to protect financial institutions from lending variations during periods of high and unpredictable inflation. In October 2012 the value of the UTM was CLP 39.649 (US\$ 79.3).

14 árboles y 70 tasaciones. Las características de los árboles seleccionados se resumen en el Cuadro 1.

El trabajo de campo se desarrolló en dos etapas. En la primera, entre septiembre y octubre del 2007, se midieron las variables dendrométricas y de valores estéticos, condición

Ornament of the Municipality of Talca. Costs of maintenance were calculated based on the annual costs of pruning and other management tasks for a group of 2000 trees per year, which range between US\$ 24.3 and US\$ 17.8 per tree. Cost for ties and sticks was US\$ 0.82 and US\$ 0.01 per tree. Prices were obtained

Cuadro 1. Características de los árboles seleccionados.
Table 1. Characteristics of the selected trees.

Árbol	Nombre científico	Edad (años)	DAP (cm)	Ubicación (†)	Condición sanitaria	Daño (%)	Información de viveros	
							Altura (m)	Precio (US\$)
1	<i>Ailanthus altissima</i> Mill.	28	57.5	AP	Buena	60	2.5	3.4
2		8	9.0	AP	Mala	90		
3	<i>Tilia americana</i> L.	5	4.8	CP	Buena	60	1.0	4.8
4		8	7.2	CP	Buena	4		
5	<i>Ginkgo biloba</i> L.	5	4.5	AP	Buena	1	1.5	3.1
6		105	87.9	PP	Buena	5		
7	<i>Acer negundo</i> L.	25	44.6	CP	Mala	70	1.3	6.0
8		18	37.0	CP	Regular	40		
9	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	8	8.2	CS	Regular	50	1.8	20.8
10		16	19.6	AP	Buena	20		
11	<i>Melia azedarach</i> L.	25	47.0	AP	Buena	8	1.3	5.6
12		35	96.3	AP	Mala	98		
13	<i>Quercus robur</i> L.	25	57.7	AP	Buena	20	1.5	10.8
14		5	4.5	AS	Regular	4		
15	<i>Schinus molle</i> L.	25	38.0	CS	Mala	5	0.8	40.8
16		18	25.0	CP	Regular	40		
17	<i>Cryptocarya alba</i> (Mol.) Losser (‡)	13	18.2	AP	Buena	10	1.8	12.1
18		105	57.3	PP	Regular	4		
19	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R.Br.	18	35.9	AP	Buena	5	1.2	4.2
20		25	46.0	AP	Buena	35		
21	<i>Jubaea chilensis</i> (Mol.) Baill (‡)	25	67.0	CP	Buena	5	1.3	5.7
22		25	71.0	CP	Buena	1		
23	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	105	52.0	PP	Buena	10	1.7	5.0
24		5	3.5	AP	Mala	70		
25	<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	13	18.0	AP	Regular	20	0.9	2.9
26		25	57.3	CP	Buena	5		
27	<i>Quillaja saponaria</i> (Mol.) (‡)	25	57.3	CP	Buena	5	2.6	4.2
28		15	25.5	CP	Regular	40		

† CP=Calle Principal; AP=Avenida Principal; CS=Calle Secundaria; PP=Parque Principal; AS=Avenida Secundaria. ‡ especie nativa
‡ CP=Main Street; AP=Main Avenue; CS=Secondary Street; PP=Principal Park; AS=Secondary Avenue. § native species.

sanitaria y ubicación; en la segunda se determinaron referencias de precios de venta en viveros locales, al mayoreo y al menudeo, costos de mantenimiento anual y de extracción de árboles. Esta información fue proporcionada por el Departamento de Aseo y Ornato de la Municipalidad de Talca. Los costos de mantenimiento se calcularon con base en los costos anuales de poda y otras labores de manejo para un grupo de 2000 árboles por año, los cuales oscilan entre US\$ 24.3 y US\$ 17.8 por árbol. El costo para tutores y amarras fue US\$ 0.82 y US\$ 0.01 por árbol. Los precios se obtuvieron entre septiembre y octubre de 2007 y actualizados con base en la UTM. Estos precios varían significativamente entre municipios y dependen de las necesidades de mantenimiento de los árboles, de los contratos con proveedores de servicios y su capacidad de gestión.

Para el precio en vivero de las plantas, se consideró el precio de mercado, con base en alturas promedio de venta al por menor, y como referencia la información proporcionada por 12 viveros en tres regiones del país: Maule, O'Higgins y Metropolitana.

Las fórmulas usadas por los municipios chilenos consideradas en este estudio fueron:

- 1) Municipales de Concepción, La Pintana y Maipú (en el estudio serán llamadas COPIMA).

$$\text{Valor (US\$)} = \frac{(A)(B)(C)(D)}{10} \quad (1)$$

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.

Precio de la especie en el mercado local: la planta debe tener 12 a 14 cm de perímetro a la altura del cuello, la altura total para especies perennes es 3.5 a 4.0 m, y para coníferas y palmeras 2.0 a 2.5 m. Para el valor estético y sanitario del árbol la escala es 1 a 10 dependiendo de la belleza del árbol, su relación con la protección, salud, vigor y valor dendrológico: 10 (planta sana, vigorosa, solitaria y destacable), 9 (sana, vigorosa, en grupo de 2 a 5 destacables⁵), 8 (sana, vigorosa, en grupo, en cortinas o hileras), 7 (sana, vegetación mediana, solitaria), 6 (sana, vegetación mediana, en grupo de 2 a 5), 5 (sana, en grupo, cortina o hilera), 4 (poco vigorosa, envejecida, solitaria o en hilera), 3 (sin vigor, en grupo, mal formada),

entre septiembre y octubre 2007, y actualizados con base en la UTM. Estos precios varían significativamente entre municipios y dependen de los requisitos de mantenimiento de los árboles, de los contratos con proveedores de servicios y su capacidad de gestión.

Para el precio en vivero de las plantas, se consideró el precio de mercado, basado en alturas promedio de venta al por menor, y como referencia la información proporcionada por 12 viveros en tres regiones del país: Maule, O'Higgins y Metropolitana.

Las fórmulas usadas por los municipios chilenos consideradas en este estudio fueron:

- 1) Municipales de Concepción, La Pintana y Maipú (en el estudio serán llamadas COPIMA):

$$\text{Value (US\$)} = \frac{(A)(B)(C)(D)}{10} \quad (1)$$

where A =price of the species at the local market, B =aesthetic and health value of the tree, C =situation index, D =dimension index.

Price of the species at the local market: plant should have 12 to 14 cm of perimeter at the height of the neck, total height of 3.5 to 4.0 m for perennial species, and for conifers and palm trees from 2.0 to 2.5 m. For the aesthetic value and health of the tree the scale is 1-10 depending on the tree beauty, its relationship with protection, plant health, vigor and dendrological value: 10 (healthy, vigorous, solitary and remarkable plant), 9 (healthy, vigorous, in groups of 2 to 5 remarkable⁵), 8 (healthy, vigorous, in groups, in curtains or rows), 7 (healthy, median vegetation, solitary), 6 (healthy, median vegetation, in groups of 2 to 5), 5 (healthy, in group, curtain or row), 4 (little vigorous, aged, solitary or in a row), 3 (without vigor, in group, bad shape), 2 (without vigor, sick, only in row), and 1 (without value). Situation index assesses the relative location of the tree in its environment, taking into account the degree of urbanization of the area in which is located; its value is 10 for the urban center, 8 for neighborhoods, and 6 for rural or agricultural areas. In the dimension index, the tree is assessed by measuring of perimeter at a height of 1.3 m above ground level, the score will be: 2 (<30 cm), 3 (30-60 cm), 6 (60.1<100 cm), 9 (100.1 to 140 cm), 12 (140.1 to 190 cm), 15 (190.1 to 240 cm), 18 (240.1 to 300 cm), 20 (>300 cm).

⁵ Notable es el árbol que destaca por alguna particularidad, como ser una especie conmemorativa, con valor botánico, edad centenaria u otro. ⁵ Remarkable is the tree which outstands by some particularity, such as to be a commemorative species, with botanical value, centenarian age or other.

2 (sin vigor, enferma, sólo en hilera) y 1 (sin valor). El índice de situación valora la situación relativa del árbol en su entorno, según el grado de urbanización del sector donde se encuentra: 10 para el centro urbano, 8 para barrios, 6 para zonas rurales o agrícolas. En el índice de dimensiones el árbol se valora midiendo su perímetro a una altura de 1.3 m del nivel del suelo; su puntuación será: 2 (<30 cm), 3 (30 a 60 cm), 6 (60.1<100 cm), 9 (100.1 a 140 cm), 12 (140.1 a 190 cm), 15 (190.1 a 240 cm), 18 (240.1 a 300 cm), 20 (>300 cm).

2) Municipalidad de Ñuñoa:

$$\text{Valor (UTM)} = (VA)(DO)(1 - DP) \quad (2)$$

donde VA=valor actual de la especie, DO=daño ocasionado, DP=daño presente.

El valor actual de la especie se expresa en UTM por grupo y edad. Grupo 1: *A. negundo*, *A. altissima*, *G. robusta*, *M. azedarach*, *C. bignonioides*. Grupo 2: *J. mimosifolia*, *L. styraciflua*. Grupo 3: *C. alba*, *Q. saponaria*, *S. areira*, *G. biloba*, *J. chilensis*, *Quercus* spp., *Tilia* spp. El daño ocasionado y daño presente se pondera por un factor de 0 a 1, según pérdida de atributos estéticos, funcionales y fisiológicos para el primero tipo de daño, y según el deterioro del estado estructural y fisiológico presente, provocado por agentes físicos y biológicos, en el segundo caso.

3) Municipalidad de Peñalolén:

$$\text{Valor (UTM)} = 0.20 \text{ UTM}(e) + (A)(B)(VA) \quad (3)$$

donde e=edad de la especie, A=factor de localización, B=estado del árbol como porcentaje del daño presente, VA=valor del árbol.

Para el factor de localización se utiliza 200 % del valor del árbol en plazas, parques o áreas verdes y 100 % en calles y avenidas. El porcentaje del daño presente será 80 % si el daño es 20 a 80 %, si es menor a 20 % conserva este mínimo y si es mayor a 80 % tendrá el valor máximo de 100 %. El valor del árbol se determina según la especie y edad, expresado como un factor de ponderación; mientras que la edad se considera en intervalos de 5 años, la especie fue organizada en 3 grupos: Grupo 1: *A. negundo*, *A. altissima*, *G. robusta*, *M. azedarach*, *Tilia* spp., *C. bignonioides*; Grupo 2: *G. biloba*, *J. mimosifolia*, *L. styraciflua*, *Q. saponaria*, *C. alba*, *Q. robur*, *S. areira*; Grupo 3: *J. chilensis*. Por ejemplo un árbol de 25 años de *A. negundo*, tendrá un factor de 11.89.

2) Municipality of Ñuñoa:

$$\text{Value (UTM)} = (VA)(DO)(1 - DP) \quad (2)$$

where VA=current value of the species, DO=caused damage, DP=present damage.

The current value of species is expressed in UTM per group and age. Group 1: *A. negundo*, *A. altissima*, *G. robusta*, *M. azedarach*, *C. bignonioides*. Group 2: *J. mimosifolia*, *L. styraciflua*. Group 3: *C. alba*, *Q. saponaria*, *S. areira*, *G. biloba*, *J. chilensis*, *Quercus* spp., *Tilia* spp. The caused damage and present damage is weighted by a factor from 0 to 1, according to loss of aesthetic, functional and physiological attributes to the first type of damage, and according to the deterioration of structural and physiological present state, caused by physical and biological agents, in the second case.

3) Municipality of Peñalolén:

$$\text{Value (UTM)} = 0.20 \text{ UTM}(e) + (A)(B)(VA) \quad (3)$$

where e=age of species, A=location factor, B=state of the tree as a percentage of the damage present, VA=tree value.

For the location factor, 200 % of the value of tree in squares, parks or green areas and 100 % in streets and avenues are used. Percentage of the present damage will be 80 % if the damage is between 20 and 80 %, if less than 20 % retains this minimum and if greater than 80 % will have the maximum value of 100 %. Tree value is determined by the species and age, expressed as a weighting factor, while age was considered in periods of 5 years, the species is organized into 3 groups: Group 1: *A. negundo*, *A. altissima*, *G. robusta*, *M. azedarach*, *Tilia* spp., *C. bignonioides*; Group 2: *G. biloba*, *J. mimosifolia*, *L. styraciflua*, *Q. saponaria*, *C. alba*, *Q. robur*, *S. areira*; Group 3: *J. chilensis*. For example a tree of 25 years of *A. negundo*, will have a factor of 11.89.

4) Municipality of Renca:

$$\text{Value (US\$)} = VA + (MA)(k) + CE \quad (4)$$

where VA=new tree value, MA=annual maintenance costs, CE=costs of removal, k=tree age factor.

The new tree value is the price of a tree with minimum characteristics to be planted in an urban area. Age factor is distributed as: 1.02 (1 to 4 years), 1.06 (5 to 8 years), 1.10 (9 to 12 years), 1.20 (13 to 15 years), 1.40 (16 to 25 years), 1.75 (>25 years).

4) Municipalidad de Renca:

$$\text{Valor (US\$)} = VA + (MA)(k) + CE \quad (4)$$

donde VA =valor del árbol nuevo, MA =costo de mantenimiento anual, CE =costo de extracción, k =factor de edad del árbol.

El valor del árbol nuevo es el precio de un árbol con características mínimas para ser plantado en el área urbana. El factor de edad se distribuye como: 1.02 (1 a 4 años), 1.06 (5 a 8 años), 1.10 (9 a 12 años), 1.20 (13 a 15 años), 1.40 (16 a 25 años), 1.75 (>25 años).

5) Municipalidad de La Florida:

$$\text{Valor (US\$)} = (1)(1+i)^e + CM \frac{(1+i)^e - 1}{0.1} \quad (5)$$

donde I =inversión inicial, i =tasa de interés anual, e =edad actual del árbol, CM =costo de mantenimiento anual de la especie.

La inversión inicial corresponde al valor de la especie en vivero (con 2 a 3 años en el mismo) más el costo de plantación, tutor y amarra. A la edad del árbol actual debe restarse la edad en vivero (2 a 3 años). La tasa de interés fue fijada en 4 %.

6) Municipalidad de Vitacura:

$$\text{Valor (UTM)} = (\text{factor 1} + \text{factor 2})(\%D) \quad (6)$$

donde factor 1= UTM según diámetro del árbol, factor 2= UTM según especie, D =porcentaje de daño en el árbol.

El factor 1 queda definido como: 3 (<5 cm), 20 (5 a 15 cm), 40 (16 a 30 cm), 70 (31 a 45 cm), 100 (46 a 60 cm), 130 (>60 cm), 300 (árbol patrimonial). El factor 2 se define para cada especie como: 3.45 UTM para *A. altissima*, *G. robusta*, *M. azedarach*, *S. areira*; 3.90 UTM para *A. negundo*, *C. bignonioides*, *L. styraciflua*; 3.45 UTM para *C. alba*, *J. mimosifolia*, *Q. robur*, *Q. saponaria*, *T. americana*; 5.80 UTM para *G. biloba*, *J. chilensis*.

7) Municipalidades de Antofagasta y Talca:

$$\text{Valor (US\$)} = (VA)(CM)(e) \quad (7)$$

donde VA =valor actual de la especie, CM =costo de mantención anual, e =edad.

El valor actual de la especie corresponde al precio de un árbol nuevo con todos los costos asociados de su plantación; incluye: plantación, tutor y amarra.

5) Municipality of La Florida:

$$\text{Value (US\$)} = (1)(1+i)^e + CM \frac{(1+i)^e - 1}{0.1} \quad (5)$$

where I =initial investment, i =annual interest rate, e =current age of the tree, CM =annual maintenance cost of the specimen.

The initial investment is the value of the species in nursery (with 2-3 years in the same) plus the cost of planting, ties and sticks. At the current tree age should be subtracted the age in nursery (2-3 years). The interest rate was set at 4 %.

6) Municipality of Vitacura:

$$\text{Value (UTM)} = (\text{factor 1} + \text{factor 2})(\%D) \quad (6)$$

where factor 1= UTM depending on tree diameter, factor 2= UTM depending on species, D =percentage of damage present on the tree.

Factor 1 is defined as: 3 (<5 cm), 20 (5 to 15 cm), 40 (16 to 30 cm), 70 (31 to 45 cm), 100 (46 to 60 cm), 130 (>60 cm), 300 (patrimonial tree). Factor 2 is defined for each species as: 3.45 UTM for *A. altissima*, *G. robusta*, *M. azedarach*, *S. areira*; 3.90 UTM for *A. negundo*, *C. bignonioides*, *L. styraciflua*; 3.45 UTM for *C. alba*, *J. mimosifolia*, *Q. robur*, *Q. saponaria*, *T. americana*; 5.80 UTM for *G. biloba*, *J. chilensis*.

7) Municipalities of Antofagasta and Talca:

$$\text{Value (US\$)} = (VA)(CM)(e) \quad (7)$$

where VA =current value of the species, CM =annual maintenance cost, e =age.

The current value of the species corresponds to the price of a new tree with all associated costs of planting; including: plantation, ties and sticks.

8) Method CTLA

$$\text{Value(US\$)} = (\text{trunk area (cm}^2\text{)}) (\text{base price(cm}^2\text{)}) (\text{species})(\text{condition})(\text{location}) \quad (8)$$

where the trunk area is measured at 1.4 m above ground. Base price is the cost of the species available at regional nurseries. For factors of species, condition and location is weighted from 0.2 to 1.0. In the case of species weighting considers attributes as growth characteristics, life expectancy, environmental adaptation,

8) Método CTLA

$$\text{Valor(US\$)} = (\text{área del tronco (cm}^2\text{)}) (\text{precio base (cm}^2\text{)}) \\ (\text{especie})(\text{condición})(\text{ubicación}) \quad (8)$$

donde el área del tronco es medido a 1.4 m sobre el suelo. El precio base es el costo de la especie disponible en los viveros regionales. Para los factores de especie, condición y ubicación se pondera de 0.2 a 1.0. En el caso de especie la ponderación considera atributos como características de crecimiento, expectativa de vida, adaptación al medio, tolerancia hídrica, adaptación al suelo y enfermedades, y provisión de características estéticas. Para condición, la ponderación usa características de sanidad, estructura, necesidad de mantención, características de follaje y crecimiento. Para ubicación la ponderación considera donde ser parte de un arboretum o lugar histórico, o de un bosque natural.

En el análisis de los datos se usó el promedio y la mediana de la valoración, para las especies y para las fórmulas, ya que la mediana ayuda a reducir el impacto de valores extremos. Las hipótesis para las fórmulas de valoración y los ejemplares fueron:

$H_0 : \omega_i = \omega_j / i \neq j$; (no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las fórmulas y las especies consideradas).

$H_1 : \omega_i \neq \omega_j / i \neq j$; (existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las fórmulas y las especies consideradas).

El análisis de varianza se usó para determinar si había diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas y entre los ejemplares. Los datos no cumplieron con la homocedasticidad y la normalidad, porque el coeficiente de variación fue 38.9 %, el sesgo llegó a 40.9 y la curtosis estandarizada fue 150.8, superando el valor 2.0 como límite preestablecido; Por tanto, no fue posible aplicar estadística paramétrica, incluso usando las transformaciones sugeridas por Kirk (1995). Por ello se realizó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis que es menos sensible a la presencia de valores atípicos. Las valoraciones fueron transformadas a un ranking con ordenamiento ascendente de los datos (Cuadro 2): 1 para la menor valoración (US\$ 1.7) y 224 para la mayor (US\$ 34 551.5). Hubo diferencias significativas entre las fuentes de variación, por lo que se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS; $p \leq 0.01$). Para el análisis de los datos se usaron Microsoft Excel v. 2003 y Statgraphics Centurion v. XVI, de Windows.

and water tolerance, adaptation to the soil and diseases, and provision of aesthetic characteristics. For condition weighting uses characteristics of health, structure, maintenance needs, characteristics of foliage and growth. For location weighting considers from being part of an arboretum or historic place, to being part of a natural forest.

In the data analysis the average and median of valuation was used, for species and formulas, as median helps to reduce the impact of outside values. The hypotheses for the valuation formulas and exemplars were:

$H_0 : \omega_i = \omega_j / i \neq j$; (there are no statistically significant differences between medians of formulas and species considered).

$H_1 : \omega_i \neq \omega_j / i \neq j$; (there are statistically significant differences between medians of formulas and species considered).

Analysis of variance was used to determine if there were statistically significant differences between formulas and between exemplars. The data did not meet the homoscedasticity and normality, because there was a high coefficient of variation (38.9 %), the bias reached 40.9 and standardized kurtosis was 150.8, exceeding the value 2.0 as preset limit. Therefore, it was not possible to apply parametric statistics, even using the transformations suggested by Kirk (1995). Thus, a nonparametric analysis variance of Kruskal-Wallis was carried out, which is less sensitive to the presence of atypical values. The valuations were transformed to a ranking with ascending order of the data (Table 2): 1 for the lower valuation (US\$ 1.7) and 224 for the highest (US\$ 34 551.5). There were significant differences between sources of variation, so the least significant difference test (LSD, $p \leq 0.01$) was applied. For analysis of the data the Microsoft Excel v. 2003 and Statgraphics Centurion v. XVI of Windows were used.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 2 shows the results of the assessments of each of formulas and species, and also the average. According to the nonparametric analysis of Kruskal-Wallis test, the results show a highly significant difference between the medians of the ranking, 71.58 for formulas ($p \leq 0.01$) and 24.63 for species ($p \leq 0.05$). Statistical differences originated homogeneous groups which are determined by the LSD test (Table 3).

The highest average value per specimen corresponded to three emblematic exemplars, G.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra los resultados de las valoraciones de cada fórmula y especie, y el promedio. Según el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis, los resultados muestran una diferencia altamente significativa entre las medianas del ranking, 71.58 para las fórmulas ($p \leq 0.01$) y 24.63 para las especies ($p \leq 0.05$). Las diferencias estadísticas originaron grupos homogéneos determinados con la prueba de DMS (Cuadro 3).

El valor promedio más alto por espécimen correspondió a tres emblemáticas, *G. biloba* (US\$ 8129.2), *J. mimosifolia* (US\$ 5693.3) y *C. alba* (US\$ 5544.7), seguidas por los dos árboles de *J. chilensis* (promedio

biloba (US\$ 8129.2), *J. mimosifolia* (US\$ 5693.3) and *C. alba* (US\$ 5544.7) followed by two trees of *J. chilensis* (average US\$ 3773.1). The lower value was US\$ 77.6 for *Q. robur*, young and damaged tree.

Chilean formulas of La Florida, Antofagasta and Talca, correspond to methods of capitalization and presented the highest average values (Figure 1), which are more practical in the field of action of the municipalities (Contato-Carol *et al.*, 2008). But they do not fully represent the concept of valuation, as the price rises in these cases to the extent that the tree is older, and also lack aesthetic or state variables of the trees, they do not represent a complete assessment of tree, as in the cases where parametric formulas are used, an aspect that Caballer (1999) and Ponce-

Cuadro 2. Resultados de las valoraciones (US\$).

Table 2. Results of the assessments (US\$).

Árbol	COPIMA	Vitacura	Núñoa	Peñalolén	Antofagasta Talca	Renca	La Florida	CTLA	Promedio
1	672.0	550.7	360.8	382.2	1687.0	152.9	1052.9	676.2	691.8
2	16.8	334.7	18.4	109.2	487.0	111.5	154.4	13.3	155.7
3	43.2	190.4	80.3	68.2	306.0	110.5	69.5	5.7	109.2
4	43.2	17.3	9.3	109.2	486.0	110.5	153.1	16.4	118.1
5	192.0	4.2	1.9	68.2	330.0	134.5	96.0	40.2	108.4
6	4320.0	64.2	1228.6	1433.0	6330.0	175.9	34 551.5	16 930.2	8129.2
7	247.2	520.7	160.3	341.2	1506.9	131.8	869.1	169.6	493.3
8	309.0	297.5	78.0	245.7	1086.9	131.8	516.4	109.8	346.9
9	69.3	201.3	57.3	109.2	497.3	121.9	167.2	17.4	155.1
10	665.6	107.8	56.8	218.4	977.3	142.3	450.0	272.4	361.3
11	460.8	73.4	47.6	341.2	1506.0	130.9	867.0	464.7	486.5
12	259.2	1100.1	55.9	477.7	2106.0	151.9	1571.6	323.1	755.7
13	780.9	195.9	294.5	341.2	1508.1	133.1	872.2	323.1	556.1
14	39.0	12.7	3.6	68.2	308.1	112.7	71.9	4.2	77.6
15	119.1	35.7	371.9	341.2	1504.1	129.1	862.5	127.9	436.4
16	99.2	203.4	205.9	245.7	1084.1	129.1	511.4	30.2	313.6
17	208.0	57.0	48.8	177.4	788.7	121.6	320.3	125.8	231.0
18	624.0	39.2	668.9	1433.0	6308.7	154.6	33 363.1	1766.5	5544.8
19	545.2	35.7	13.2	245.7	1089.5	134.4	521.2	427.7	376.6
20	727.0	321.2	170.3	341.2	301.9	134.4	875.4	585.2	432.1
21	7919.9	64.2	413.3	341.2	1558.7	183.6	994.3	17 311.8	3598.4
22	7919.9	12.8	51.7	341.2	1558.7	183.6	994.3	20 520.6	3947.9
23	1684.8	97.9	789.6	1433.0	6315.6	161.5	33 749.3	1314.6	5693.3
24	15.6	222.1	65.5	68.2	315.6	120.1	80.1	2.8	111.3
25	89.6	134.8	3.5	341.2	1504.7	129.6	863.8	56.8	390.5
26	112.0	107.8	6.1	177.4	784.7	117.6	314.3	50.7	218.7
27	616.4	49.0	10.1	341.2	1507.1	132.1	869.8	1368.7	611.8
28	171.2	227.9	65.0	204.7	907.1	120.1	392.9	1.7	261.3
Promedio	1034.6	188.6	190.6	369.5	1594.7	135.8	4151.9	2252.0	1239.7

US\$ 3773.1). El valor menor fue US\$ 77.6 para *Q. robur*, árbol joven y dañado.

Las fórmulas chilenas de La Florida, Antofagasta y Talca, corresponden a métodos de capitalización y presentaron los valores promedios más altos (Figura 1), las cuales son más prácticas en el ámbito de acción de los municipios (Contato-Carol *et al.*, 2008). Pero no representan a cabalidad el concepto de valoración, ya que el precio asciende en estos casos a medida que el árbol tiene más años, y además carecen de variables estéticas o de estado de los árboles, no representan una valoración completa del árbol, como en los casos donde se usan fórmulas paramétricas, aspecto que remarcan Caballer (1999) y Ponce-Donoso *et al.* (2012), aunque Contato-Carol *et al.* (2008) señalan lo contrario.

La fórmula COPIMA tuvo un valor promedio medio en el ranking respecto a las demás fórmulas chilenas y con una mayor variación, sólo superada por el método CTLA. Además no mostró el mismo desempeño en individuos con menor valor, comparada con CTLA que presentó valores bajos respecto a otras fórmulas internacionales (Ponce-Donoso *et al.*, 2012). El método COPIMA tuvo valores altos en árboles emblemáticos, como *J. chilensis* (especie endémica) o de características botánicas especiales, como *L. styraciflua* y *J. mimosifolia*. Lo anterior ocurre porque la fórmula incorpora variables estéticas y de ubicación, aunque sólo logró un tercio del valor de CTLA en estos árboles.

Donoso *et al.* (2012) highlight, although Contato-Carol *et al.* (2008) point out otherwise.

The formula COPIMA had a mean average value in the ranking over other Chilean formulas and with greater variation, only surpassed by the CTLA method. Besides, it did not show the same performance in individuals with lower value, when compared with CTLA which had low values with regard to other international formulas (Ponce-Donoso *et al.*, 2012). COPIMA method achieved high values in emblematic trees such as *J. chilensis* (endemic species) or of special botanical features as *L. styraciflua* and *J. mimosifolia*. This occurs because the formula incorporates aesthetic and location variables, but only managed a third of the CTLA value in these trees.

The average mean value obtained in the formula of Peñalolén was due to the weight of the emblematic species (No. 6, No. 18 and No. 23, Table 2). In the rest, the values have a range of dispersion around US\$ 300, which shows a performance that would not adequately discriminate small and large individuals, when compared with other formulas that do manage to do so, which is explained by the type of model that supports it (Randrup, 2005). The lowest average value was obtained in the formula of Renca (US\$ 135.9) with a very low dispersion, showing poor discrimination ability of species, which is due to the characteristics of the formula, which is based on costs of planting and maintenance. The formulas of Ñuñoa

Cuadro 3. Prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para fórmulas y especies.
Table 3. Least significance difference (LSD) test for formulas and species.

Fórmula	Rankig promedio	Grupos homogéneos	Especies	Ranking promedio	Grupos homogéneos
M. Ñuñoa	67.4	A	<i>T. americana</i>	58.2	A
M. Vitacura	77.5	A	<i>C. bignonioides</i>	89.6	A B
M. Renca	82.8	A B	<i>Q. robur</i>	96.0	A B C
CTLA	101.4	A B	<i>L. styraciflua</i>	96.1	A B C
COPIMA	117.9	B C	<i>S. areira</i>	110.1	A B C
M. Peñalolén	118.0	B C	<i>Q. saponaria</i>	111.9	A B C
M. La Florida	151.6	C D	<i>J. mimosifolia</i>	115.6	A B C
M. Antofagasta y Talca	182.4	D	<i>A. altissima</i>	116.2	A B C
			<i>G. biloba</i>	116.9	A B C
			<i>A. negundo</i>	125.4	A B C
			<i>G. robusta</i>	126.3	A B C
			<i>C. alba</i>	127.8	A B C
			<i>M. azedarach</i>	133.6	A B C
			<i>J. chilensis</i>	149.3	C

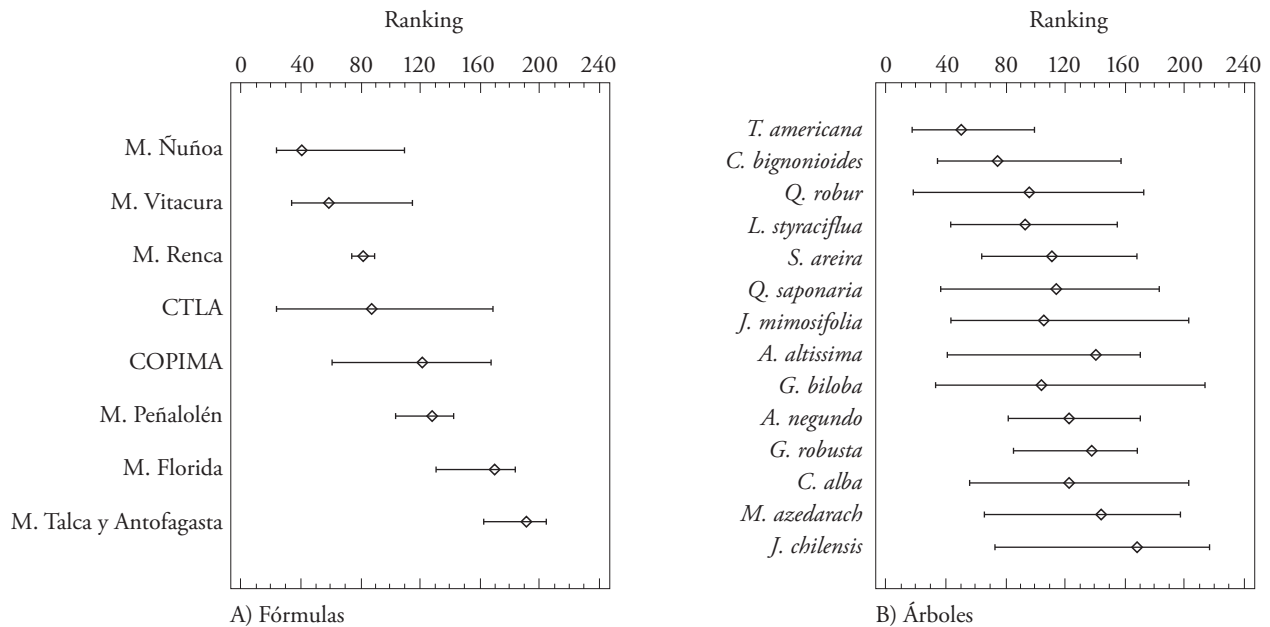


Figura 1. Mediana, error estándar y ranking.
 Figure 1. Median, standard error and ranking.

El valor medio promedio obtenido en la fórmula de Peñalolén, se debió al peso de las especies emblemáticas (N°6; N°18 y N°23, Cuadro 2). En el resto, los valores tienen un rango de dispersión de unos US\$ 300, lo que muestra un desempeño que no discriminaría adecuadamente los individuos pequeños y grandes, comparado con otras fórmulas que sí lo hacen y se explicaría por el tipo de modelo que lo sustenta (Randrup, 2005). El menor valor promedio se obtuvo en la fórmula de Renca (US\$ 135.9), con una dispersión muy reducida, mostrando escasa capacidad de discriminación de especies, debido a las características de la fórmula, que se basa en los costos de plantación y mantenimiento. Las fórmulas de Ñuñoa y Vitacura incluyen variables de daño; por tanto los montos resultantes son más bajos que las demás fórmulas.

La prueba DMS (Cuadro 3) permite organizar las fórmulas en cuatro grupos homogéneos definidos por sus características propias. Las fórmulas de La Florida, Antofagasta y Talca usan la capitalización como base de la valoración, aspecto reseñado por Contato-Carol *et al.* (2008) y Grande-Ortiz *et al.* (2012). Las fórmulas de Ñuñoa y Vitacura se orientan a valorar el daño preferentemente. Para Renca, CTLA, COPIMA y Peñalolén se incluyen variables de estado y algunas amenidades. Las especies (Cuadro 3) se organizaron en tres grupos homogéneos,

and Vitacura include damage variables; therefore, the resulting amounts are lower than those of the other formulas.

The LSD (Table 3) allows to organize the formulas in four homogeneous groups defined by their own characteristics. The formulas of La Florida, Antofagasta and Talca use capitalization as the basis of valuation, aspect outlined by Contato-Carol *et al.* (2008) and Grande-Ortiz *et al.* (2012). The formulas of Ñuñoa and Vitacura are oriented preferably to assess the damage. For Renca, CTLA, COPIMA and Peñalolén state variables and some amenities are included. Species (Table 3) were organized into three homogeneous groups, without observing any particular characteristic that has led to this organization, which could show that species would have no gravitating significance in the differences to determine its value, although this should be checked by increasing the number of observations per species, except in extreme cases as it was for *J. chilensis* and *T. americana*.

Position and dispersion of Chilean formulas is the remarkable aspect in Figure 1A) where Renca, Peñalolén, La Florida, Antofagasta and Talca have a lower dispersion around the median, compared with the other formulas. This situation shows the least ability to discriminate the characteristics of the tree, by which their variables or factors would be less able

sin observar alguna característica particular que haya llevado a esta organización, lo cual podría mostrar que la especie no tendría una significancia gravitante en las diferencias al determinar su valor, aunque esto debiera ser comprobado aumentando el número de observaciones por especie, salvo en casos extremos como fue para *J. chilensis* y *T. americana*.

La posición y dispersión de las fórmulas chilenas es el aspecto destacable en la Figura 1A) donde Renca, Peñalolén, La Florida, Antofagasta y Talca tienen una dispersión menor alrededor de la mediana, comparadas con las otras fórmulas. Esta situación muestra la menor capacidad para discriminar las características del árbol, por lo cual sus variables o factores serían menos aptos para valorar, especialmente cuando se usa sólo la edad y los costos anuales de mantenimiento (Contato-Carol *et al.*, 2008; Grande-Ortiz *et al.*, 2012; Ponce-Donoso *et al.*, 2012). La fórmula COPIMA mostró el mejor desempeño de las fórmulas chilenas al tener la más amplia dispersión de los valores en el ranking, por lo cual puede discriminar la especie que evalúa, muy parecido al modelo CTLA, salvo en las valoraciones menores.

La CTLA mostró el mejor desempeño (Cuadro 3 y Figura 1A) con el rango mayor de dispersión en el ranking. Si se usa como fórmula de comparación, la fórmula chilena COPIMA es la más semejante en comportamiento. Las demás fórmulas nacionales presentan un comportamiento con menor amplitud en la distribución en el ranking.

Las 14 especies (Cuadro 3 y Figura 1B) componen tres grupos con una amplia distribución en el ranking, lo que explicaría las características y variables que los individuos aportan en las fórmulas de valoración. Esto mostraría la capacidad de discriminación de cada una respecto del árbol a evaluar, pero estos resultados no permiten discriminar si una fórmula se desempeña mejor que la otra (Watson, 2002; Ponce-Donoso *et al.*, 2009).

Con base en los resultados, se sugiere el uso de la fórmula COPIMA porque presenta un desempeño parecido al modelo CTLA. Esto podría deberse a la similitud de las variables presentes en cada fórmula, diferenciándose en cómo se estructura y la amplitud de características del árbol que pueden captar, siendo mayor en el caso de la fórmula CTLA (Figura 2A). Sin embargo, es necesario desarrollar una nueva aplicación que permita mejorarla, incorporando

to assess, especially when using only age and annual maintenance costs (Contato-Carol *et al.*, 2008; Grande-Ortiz *et al.*, 2012; Ponce-Donoso *et al.*, 2012). COPIMA formula showed the best performance of the Chilean formulas, as has the widest dispersion of values in the ranking, so can discriminate the species that evaluates, very similar to model CTLA, except in minor valuations.

CTLA showed the best performance (Table 3 and Figure 1A) with the highest range of dispersion in the ranking. If used as a formula of comparison, the Chilean formula COPIMA is the most similar in behavior. Other national formulas present a behavior with smaller amplitude in the distribution in the ranking.

The 14 species (Table 3 and Figure 1B) make up three groups with a wide distribution in the ranking, which explain the features and variables that individuals bring to the valuation formulas. This would show discrimination ability of each with respect to the tree to evaluate, but these results do not allow to discriminate whether a formula performs better than the other (Watson, 2002; Ponce-Donoso *et al.*, 2009).

Based on the results, it is suggested using the formula COPIMA because it presents a performance similar to the model CTLA. This may be due to the similarity of the variables present in each of the formulas, differing in how the formula COPIMA is structured and the amplitude of tree characteristics that formulas are able to catch, being greater in the case of the formula CTLA (Figure 2A). However, it is necessary to develop a new application that can improve it, incorporating variables related to environmental services performed by the urban tree, especially in climate change mitigation, such as to decrease suspended particles and reduce energy use for air conditioning (Konijnendijk *et al.*, 2005).

CONCLUSIONS

The use of formulas that incorporate at least initial monetary value, location and amenities is the best way to assess urban tree. CTLA and COPIMA models presented the most similar performance with respect to the monetary value obtained from species evaluated, considering the distribution and dispersion of the values of rank ordering, by which

variables vinculadas con los servicios ambientales realizadas por el árbol urbano, especialmente en la mitigación del cambio climático, como es disminuir las partículas en suspensión y reducir el uso de energía para climatización (Konijnendijk *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

El uso de fórmulas que incorporen al menos valor monetario inicial, ubicación y amenidades es la mejor forma para valorar el árbol urbano. Los modelos CTLA y COPIMA presentaron el desempeño más parecido respecto del valor monetario obtenido de las especies evaluadas, considerando la distribución y dispersión de los valores de la ordenación por rangos, por lo cual se recomienda su inclusión en las normativas municipales o tasaciones en general.

Las fórmulas de capitalización (Antofagasta y Talca, La Florida y Renca) obtuvieron valores y medias más altos. Las que incorporan daño (Ñuñoa, Vitacura) tienen una media baja y valores medianos a bajos, por lo cual no se recomienda su uso para valorar el arbolado.

Para municipios de Chile se recomienda ampliar el uso de la fórmula COPIMA para valorar el arbolado urbano, ya que presenta un mejor desempeño sobre las del tipo de capitalización o las que se focalizan de preferencia en el daño del árbol.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad de Talca por el financiamiento de este estudio y a la Ilustre Municipalidad de Talca por la información proporcionada.

LITERATURA CITADA

- AEPJP (Asociación Española de Parques y Jardines Públicos, ES). 2007. Norma Granada. Método para valoración de árboles y arbustos ornamentales. 3ª Ed. Madrid. 53 p.
- Caballer, V. 1999. Valoración de Árboles. Madrid. Mundi-Prensa. 247 p.
- Contato-Carol, M. L., E. Ayuga-Tellez, and M. A. Grande-Ortiz. 2008. A comparative analysis of methods for the valuation of urban trees in Santiago del Estero, Argentina. *Spanish J. Agric. Res.* 6: 314-352.
- Cordell, H., L. Anderson, C. Berisford, Y. Berisford, L. Biles, P. Black, R. DeGraaf, F. Deneke, R. Dewers, J. Gallaher, G. Grey, D. Ham, L. Herrington, J. Kielbaso, G. Moll, and B. Mulligan. 1984. Urban Forestry, Section 16. *In*: Wenger, K. (ed). *Forestry Handbook*. Washington. 2th Edition. Wiley Interscience. pp: 887-983.

their inclusion is recommended in the municipal regulations or general appraisals.

The formulas of capitalization (Antofagasta and Talca, La Florida and Renca) obtained higher values and means. Those incorporating damage (Ñuñoa, Vitacura) have a low mean and low to middle values, so their use in assessing the trees is not recommended.

In municipalities of Chile it is recommended to expand at the use of the COPIMA formula to assess urban trees as it performs better than those of the type of capitalization or those preferably focused on tree damage.

—End of the English version—



- CTLA (Council of Tree & Landscape Appraiser, US). 2000. Guide for Plant Appraisal (9th Ed.) International Society of Arboriculture, Champaign, IL. 143 p.
- Cullen, S. 2005. Tree appraisal: chronology of North American industry guidance. *J. Arboriculture* 31: 157-162.
- Cullen, S. 2007. Putting a value on trees – CTLA guidance and methods. *J. Arboric.* 30: 21-43.
- Chueca, J. 2001. La Norma Granada: un método de valoración económica de los árboles ornamentales. www.drac.com/pers/chueca/Granada.htm. (Consulta: octubre 2007).
- Donovan, G., and D. Butry. 2010. Tree in the city: Valuing street trees in Portland, Oregon. *Landscape and Urban Planning* 92: 77-83.
- Flook, R. 1996. A Standard Tree Evaluation Method – STEM. *J. N Z Instit. Hortic.* 1(3): 29 p.
- Grande-Ortiz, M., M. Ayuga-Tellez, and M. Contato-Carol. 2012. Methods of tree appraisal: a review of their features and application possibilities. *Arboric. Urban For.* 38: 130-140.
- Harris, J. A. 2007. Jurisdiction determines the appraisal or valuation method. *Tree and Landscape appraisal*. www.landscapeeconomics.com (Access: November 2011).
- 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.
- Konijnendijk, C., S. Syaka, T. Randrup, and L. Schipperijn. 2004. Urban and peri-urban forestry in the development context: strategic and implementation. *J. Arboric.* 30: 269-276.
- Konijnendijk, C., N. Kjell, T. Randrup, and J. Schipperijn. 2005. *Urban Forest and Trees*. Amsterdam, Holanda. Springer Verlag. 520 p.
- Leal, L., D. Biondi, and R. Rochadelli. 2008. Investment on urban trees in the city of Curitiba: an approach based on the land income theory. *Scientia Forestalis* 36: 141-149.
- McPherson, E. G. 2007. Benefit-based tree valuation. *Arboric. Urban For.* 33: 1-11.

- Ministerio del Interior (CL). 2007. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Ley N° 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades. <http://www.sudere.gov.cl>. (Consulta: octubre 2007).
- Moore, G. M., and T. Arthur. 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.* pp: 166-171.
- Nowak, D. J., 1993. Compensatory value of an urban forest: an application of the tree-value formula. *J. Arboric.* 19: 173-177.
- Petersen, K., and T. Straka. 2011. Specialized discount cash flow analysis formulas for valuation of benefits and cost of urban trees and forest. *Arboric. Urban For.* 37: 200-206.
- Pauleit, S., N. Jones, G. García-Marín, J. García-Valdecantos, L. Rivière, L. Vidal-Beaudet, M. Bodson, and T. Randrup. 2002. Tree establishment practice in towns and cities: results from European survey. *Urban For. Urban Green.* 1: 83-96.
- Ponce-Donoso, M., L. Moya, and O. Bustos-Letelier. 2009. Evaluation of formula for the appraisal of urban trees in municipalities of Chile. *Scientia Forestalis* 37: 321-329.
- Ponce-Donoso, M., O. Vallejos-Barra, and G. Daniluk-Mosquera. 2012. Comparación de fórmulas chilenas e internacionales para valorar el arbolado urbano. *Revista Bosque* 33: 69-81.
- Price, C. 2003. Quantifying the aesthetic benefits of urban forestry. *Urban For. Urban Green.* 1: 123-134.
- Randrup, T. B. 2005. Development of Danish model for plant appraisal. *J. Arboriculture* 31: 114-123.
- Sarajevs, V. 2011. Street tree valuation systems. Forestry Commission. Research Note 8. Edinburgh, Scotland. 6 p.
- Tyrväinen, L. 2001. Economic valuation of urban forest benefits in Finland. *J. Environ. Manage.* 62: 75-92.
- Tyrväinen, L., H. Silvennoinen, and O. Kolehmainen. 2003. Ecological and aesthetic value in urban forest management. *Urban For. Urban Green.* 1: 135-149.
- Watson, G. 2001. A study of CTLA formula values. *J. Arboric.* 27: 289-297.
- Watson, G. 2002. Comparing formula methods of tree appraisal. *J. Arboric.* 28: 11-18.