



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

**VALORACIÓN DE ARBOLADO URBANO: CASO ESPECIAL PASEO DE
LOS GIGANTES, ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, MÉXICO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**



Presenta:
VICENTE ACEVEDO DE LA PORTILLA

DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de:
DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO



Chapingo, Estado de México, enero de 2018

**VALORACIÓN DE ARBOLADO URBANO: CASO ESPECIAL PASEO DE
LOS GIGANTES, ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, MÉXICO**

Tesis realizada por **VICENTE ACEVEDO DE LA PORTILLA** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR: 

Dr. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO

ASESOR: 

Dr. JOSÉ TULIO MÉNDEZ MONTIEL

ASESOR: 

Dr. LEOPOLDO MOHEDANO CABALLERO

CONTENIDO

CONTENIDO.....	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE APÉNDICES	x
DEDICATORIAS	xi
AGRADECIMIENTOS.....	xii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Valoración económica.....	3
2.1.1. Valor del medio ambiente.....	3
2.1.2. Valor económico total	4
2.1.3. Valor de uso	5
2.1.3.1. Valor de uso directo.....	5
2.1.3.2. Valor de uso indirecto	5
2.1.3.3. Valor de opción.....	6
2.1.4. Valor de no uso	6
2.1.4.1. Valor de herencia o legado	6
2.1.4.2. Valor de existencia	7
2.2. Métodos de valoración económica	7
2.2.1. Métodos de valoración directa.....	7
2.2.1.1. Valoración contingente	7

2.2.2.	Métodos de valoración indirecta	8
2.2.2.1.	Precios hedónicos	8
2.2.2.2.	Costo de viaje	8
2.3.	Los servicios ambientales que brindan los árboles urbanos.....	9
2.3.1.	Regulación de la temperatura	10
2.3.2.	Calidad del aire.....	11
2.3.3.	Captura de CO ₂	11
2.3.4.	Infiltración de agua	12
2.3.5.	Mitigación de Ruido	13
2.3.6.	Mejoramiento del hábitat de la fauna silvestre y la biodiversidad	13
2.3.7.	Productos forestales y forraje	13
2.3.8.	Amortiguamiento de condiciones climáticas (viento)	14
2.3.9.	Beneficios económicos y sociales	15
2.3.10.	Salud mental y física	15
2.3.11.	Valores de la propiedad.....	15
2.3.12.	Desarrollo económico local	16
2.3.13.	Empleo	16
2.3.14.	Estética.....	17
2.4.	Valoración económica de áreas verdes urbanas y arbolado	17
2.4.1.	Valoración de arbolado.....	18
2.4.1.1.	El costo de reemplazo	18
2.4.1.2.	Métodos.....	18

2.4.1.2.1.	Método del Consejo de Tasadores de Árboles y del Paisaje .	19
2.4.1.2.2.	Burnley	25
2.4.1.2.3.	Valoración de Amenidades de Árboles y Bosques	28
2.4.1.2.4.	Método Estándar de Evaluación de Árboles.....	34
2.4.1.2.5.	Norma de Granada	34
2.4.1.2.5.1.	Valoración de árboles sustituibles.....	35
2.4.1.2.5.2.	Valoración para árboles no sustituibles. Frondosas y Coníferas	36
2.4.1.2.5.3.	Valoración para árboles no sustituibles. Palmeras y similares..	37
2.4.1.3.	El caso de México.....	38
2.4.1.3.1.	La Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-001-RNAT-2006).....	38
2.4.1.3.2.	La Norma Ambiental para el Distrito Federal 2012 (NADF-001-RNAT-2012)	41
2.4.1.3.3.	La Norma Ambiental para el Distrito Federal 2015 (NADF-001-RNAT-2015)	44
2.5.	Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México.	48
2.5.1.	Ubicación de la región XII.....	49
2.5.2.	Municipio de Atizapán	50
2.5.3.	Clima	50
2.5.4.	Población.....	50
2.6.	Literatura citada	51

3. VALORACIÓN DE ARBOLES URBANOS DEL CORREDOR PASEO DE LOS GIGANTES, ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, MÉXICO.	56
3.1. RESUMEN.....	56
3.2. ABSTRACT.....	57
3.3. INTRODUCCIÓN.....	58
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
3.6. CONCLUSIONES	69
3.7. LITERATURA CITADA	71
4. APENDICES.....	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Calificación de condición para árboles de paisaje: cada planta puede tener cualquier combinación de los siguientes problemas de salud o estructurales, y otros.....	22
Cuadro 2. Clasificación de ubicación para árboles.	24
Cuadro 3. Descriptores de forma y vigor y su valor como modificadores.	26
Cuadro 4. Descriptores de localización y su valor como modificador	27
Cuadro 5. Evaluación de la importancia en el espacio del árbol a evaluar.	29
Cuadro 6. Escala de evaluación con respecto a la presencia de otros arboles	30
Cuadro 7 Escala de evaluación con respecto a Idoneidad para establecer.....	31
Cuadro 8. Factores y puntajes usados para la valoración individual de arbolado por el método Helliwell.....	33
Cuadro 9. Factores básicos de valoración de árboles urbanos NADF-001-RNAT-2006.....	40
Cuadro 10. Valores posibles de árboles de acuerdo con la NADF-001-RNAT-2006.....	41
Cuadro 11. Factores básicos de valoración de árboles urbanos NADF-001-RNAT-2012.....	43
Cuadro 12. Valores posibles de árboles de acuerdo con la NADF-001-RNAT-2012.....	44
Cuadro 13. Factores básicos de valoración de árboles urbanos NADF-001-RNAT-2015.....	46
Cuadro 14. Valores posibles de árboles de acuerdo con la NADF-001-RNAT-2015.....	47
Cuadro 15. Diferencia entre los valores propuestos por NADF-001-RNAT-2006, 2012 y 2015	48
Cuadro 16. Características para calcular la calificación de especie usada en la fórmula TFM.....	60

Cuadro 17. Características de los 15 árboles utilizados para la comparación de fórmulas	63
Cuadro 18. Estimaciones obtenidas por las distintas fórmulas para cada árbol valorado	66
Cuadro 19. Prueba de comparación múltiple de Duncan por ranking para fórmula	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del municipio Atizapán de Zaragoza en el estado de México (Gobierno Federal, 2013).....	49
Figura 2. Valor total de los 15 árboles obtenido por los diferentes métodos.....	67
Figura 3.Histograma de la media y desviación de los valores obtenidos por las diferentes fórmulas utilizadas.....	68

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculo de las valoraciones obtenidas por el método TFM del CTLA. $TFM = ((AT \text{ o } ATA - ATr \times VB) + CR) \times CE \times CN \times CL$	73
Apéndice 2. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método Helliwell. $Helliwell = TA \times EV \times IE \times PA \times ID \times FO \times MD$	74
Apéndice 3. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método Burnley. $Burnley = VA \times VB \times EV \times FV \times LN$	75
Apéndice 4 Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método NADF-001-RNAT-2006. $NADF-001-RNAT-2006 = AA + DT + ES + EG + EV + PA + MU$	76
Apéndice 5. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método NADF-001-RNAT-2012. $NADF-001-RNAT-2012 = AA + DT + ES + EG + EV + PA + MU$	77
Apéndice 6. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método NADF-001-RNAT-2015. $NADF-001-RNAT-2015 = AA + DT + ES + EG + EV + PA + MU$	78
Apéndice 7. Precio en viveros de las especies utilizadas para la valoración....	79

DEDICATORIAS

La presente tesis la dedico primeramente a mis padres Vicente Acevedo Luna y Candelaria Erika de la Portilla Rodríguez, por haberme formado como una persona con valores y provechosa para el mundo.

A mi esposa Imelda Romero Cervantes, por su comprensión y apoyo en todos los proyectos que inicio o quiero intentar.

A mi hijo José Danilo Acevedo Romero el cual en tan poco tiempo se convirtió en una gran motivación para seguir adelante contra cualquier adversidad.

A mis hermanos Erick, Jair, Sheyly y Olitzi por su apoyo incondicional en todo lo que pueden ayudarme.

A todos mis amigos y compañeros de escuela de los diferentes niveles que he cursado, cada uno de ustedes ha contribuido a lo que hoy soy.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme dado la mejor educación que pude haber recibido.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para poder estudiar un posgrado, de igual manera a todo el pueblo mexicano que colaboro con sus impuestos para este financiamiento.

A la Universidad Autónoma Chapingo por toda la educación que me ha brindado hasta ahora, a nivel maestría como en licenciatura, nunca podré pagarle por la oportunidad de haberme formado como uno más de sus profesionistas, sin embargo, le prometo que pondré en alto su nombre en cualquier lugar.

Al Dr. José Luis Romo Lozano por su apoyo en la realización del presente trabajo de investigación, por su revisión y guía detallada para que dicho trabajo quedara lo mejor posible.

Al Dr. José Tulio Méndez Montiel por su apoyo, confianza y enseñanzas que me ha compartido.


Al Dr. Leopoldo Mohedano Caballero por su apoyo en el presente trabajo.

A los maestros del Posgrado en Ciencias Forestales, porque de cada uno apporto a mi formación.

A todos mis amigos y compañeros de estudio.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre:	Vicente Acevedo de la Portilla	
Fecha de nacimiento	20 de diciembre de 1991	
Lugar de nacimiento	Esperanza, Puebla	
CURP	AEPV911220HPLCRC01	
Profesión	Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola	
Cédula profesional	10144202	

Desarrollo académico

Preparatoria	Escuela Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Teotihuacán
Licenciatura	Universidad Autónoma Chapingo
Maestría	Universidad Autónoma Chapingo

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente el acelerado crecimiento de la población se ve reflejado en contaminación, desaparición de especies y cambio climático entre otros problemas. Los espacios verdes arbolados en las ciudades ayudan a combatir estos problemas, tienen múltiples beneficios como la regulación de la temperatura, filtración de agua, disminución de ruido, captura de carbono (CO₂) y recreación(Hegedüs, Gaál, & Bérces, 2011).

De manera constante, las ciudades tienen la necesidad de realizar obras por distintas razones: crecimiento poblacional, construcción y remodelación de vías de comunicación, desarrollo residencial, etc. Con mucha frecuencia todas estas obras implican el derribo de árboles trayendo como consecuencia la disminución significativa de todos los beneficios recreativos y ambientales para la población.

Una de las respuestas de los gobiernos que administran las ciudades ha sido la implementación de un cobro por permitir el derribo de árboles, para lo cual se han utilizado distintas fórmulas con el propósito de estimar el valor a cobrar por el sacrificio de los árboles. Entre las fórmulas más utilizadas en el contexto internacional se encuentran: El Método de la Fórmula del Tronco (TFM) del Consejo de Tasadores de Árboles y Paisaje (Council of Tree and Landscape Appraisers) de los Estados Unidos; el método Bunrley, desarrollado por el Colegio Victoriano de Agricultura y Horticultura de Australia (Moore1991); el método de valoración de Amenidades de Árboles y Bosques (Amenity of Trees and Woodlands) de Gran Bretaña, conocido como Helliwell; la Norma Granada de la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos y el Método Estándar de Evaluación de Árboles (Standard Tree Evaluation Method (STEM)) de Nueva Zelanda (Hegedüs et al., 2011; Melorose, Perroy, & Careas, 2015; Ponce-donoso, Vallejos-barra, & Daniluk-mosquera, 2012).

El objetivo de la presente investigación es analizar las fórmulas más importantes que se han estado aplicando a nivel internacional y comparar su

aplicación con las que se han estado utilizando en México, específicamente en la Ciudad de México, donde para tal efecto se han usado las normas NADF-001-RNAT-2006, NADF-001-RNAT-2012 y NADF-001-RNAT-2015. La investigación se realizó en el corredor denominado “Paseo de los Gigantes” ubicado en el municipio de Atizapán de Zaragoza, estado de México, México.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Valoración económica

La valoración de los árboles urbanos ha sido abordada desde muy distintas perspectivas, entre las cuales podemos distinguir una bifurcación importante: valor económico y valor financiero. Dentro de los métodos de valoración económica podemos mencionar aquellos que incluyen en la estimación del valor los beneficios que no se reflejan en el mercado. Por otra parte, están los métodos de estimación financiero, los cuales se basan sólo en la información que se genera en el mercado.

En la presente investigación la valoración se aborda mediante los métodos financieros, no obstante, se ha incluido como referencia una breve revisión de los métodos de valoración económica en la Sección 2.4.1. se incluye una revisión más completa de los métodos aquí llamados financieros, pues son los utilizados en las aplicaciones objeto de la presente investigación.

2.1.1. Valor del medio ambiente

El medio ambiente se define como “el entorno vital, el conjunto de factores físicos, biológicos, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en la que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia” (Gómez, 1999 citado por Orue, 2012). Los recursos naturales carecen de precio, al no existir un mercado donde puedan ser intercambiados. No obstante, ello no quiere decir que carezcan de valor. Por tanto, es necesario contar con algún método que nos permita estimar dicho valor o contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita compararlo con otros componentes del mismo, para lo cual será factible utilizar el dinero como denominador común (Machín & Casas, 2006).

La valoración económica del medio ambiente arroja información sobre el valor monetario que los miembros de un determinado colectivo le otorgan a las

distintas alternativas medioambientales con las que se les confronta, definiéndose ésta como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir las expectativas de beneficios y costos derivados de algunas de acciones tales como: uso de un activo ambiental, realización de una mejora ambiental, generación de un daño ambiental, entre otros (Machín & Casas, 2006).

2.1.2. Valor económico total

Los planteamientos de la economía ambiental parten de la consideración de que la utilidad de los activos ambientales está compuesta por un conjunto de valores distintos, no excluyentes entre sí, que pueden aislarse para su análisis y sumarse para la identificación del valor total (Lomas, Martín, Louit, Montoya, & Montes, 2005). Pearce & Turner (1990) desarrollaron la teoría del valor económico total, esta teoría tiene la bondad de adaptar la economía a la cuantificación de los recursos naturales y ambientales. El valor económico total puede ser desagregado en un número de categorías de valor (Figura 1) que incluyen: el valor de uso directo; el valor de uso indirecto y los valores de no uso. Cada uno es luego subdividido en categorías adicionales. El valor económico total es la suma de todos éstos componentes (Tomasini, 2008). La identificación de estos valores constituye un paso previo para desarrollar posteriormente cualquier método de valoración desde la Economía Ambiental (Lomas et al., 2005) .

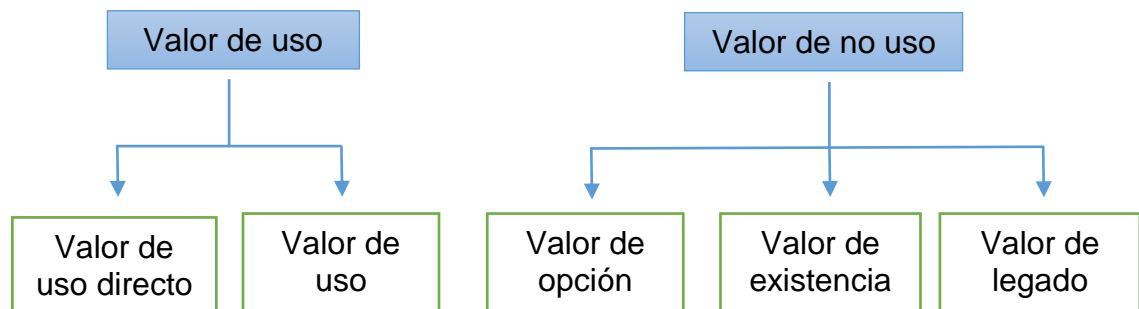


Figura 1. Tipos de valor. (Basado en Tomasini, 2008)

El valor económico total expresa el valor teórico de cada unidad de recurso, bien o servicio ambiental, que la sociedad está dispuesta a aceptar en función

del grado de conocimiento y percepción de su importancia. Incorpora valorizaciones a diferentes niveles de uso del recurso e incluso de no uso del mismo (Tomasini, 2008) y puede ser desagregado en un número de categorías de valor que incluyen: el valor de uso directo; el valor de uso indirecto y los valores de no uso. Cada uno es luego subdividido en categorías adicionales. El valor económico total es la suma de todos éstos componentes (Tomasini, 2008).

2.1.3. Valor de uso

Los valores de uso están asociados a la satisfacción de preferencias y necesidades derivadas del uso de recursos biológicos, los cuáles a su vez se dividen en valores de uso directo, valores de uso indirecto y valores de uso de opción o valor potencial (Figueroa, 2005).

2.1.3.1. Valor de uso directo

El valor de uso es el más elemental de todos. Por ejemplo, una persona visita un parque natural para contemplar la fauna y la flora, para caminar o hacer deporte, etc. y, por lo tanto, como usuaria, cualquier alteración en la calidad del mismo afecta a su nivel de bienestar (Machín & Casas, 2006) . Son valores de uso directo, en cuanto reportan beneficios a los seres humanos, a través de productos o servicios. Es el valor más obvio, pero no siempre es posible medirlo en términos económicos (Figueroa, 2005).

2.1.3.2. Valor de uso indirecto

Los valores de uso indirecto se refieren a los beneficios que recibe la sociedad a través de los servicios de los ecosistemas y de las funciones del hábitat. A diferencia del valor de uso directo, el indirecto generalmente no requiere del acceso físico del usuario al recurso natural, pero sí de la existencia física del recurso en buenas condiciones. Entre los servicios ambientales destacan el filtrado de aguas y funcionamiento del ecosistema como criadero de especies pesqueras; adicionalmente existen otras funciones ambientales como el control

de plagas, control de inundaciones y protección contra tormentas. Por otra parte, entre los valores ecosistémicos se encuentran la fijación de carbono de la atmósfera, el ciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno en el suelo, y la autopreservación del ecosistema (Sajuro, 2001).

2.1.3.3. Valor de opción

El valor de opción se define como la cantidad que una persona estaría dispuesta a pagar por encima del valor esperado de uso por la posibilidad de usar o consumir un bien ambiental en el futuro puesto que existe incertidumbre tanto ante la existencia del bien en cuestión, como sobre el posible uso de la persona sobre el mismo. Por tanto, si alguien considera que puede querer visitar un parque natural pero no está seguro de si llegará a realizar la visita o no, podría estar dispuesto a pagar una cantidad de dinero cada año por el derecho a visitarlo (Herruzo, 2002).

2.1.4. Valor de no uso

Cuando el bien o servicio ambiental no tiene un precio ligado a un mercado real, el valor económico puede estimarse a través de un mercado simulado. El valor de no uso o valor pasivo de los activos ambientales está bajo dominio sustancial de consideraciones éticas. Se manifiesta en aquellas situaciones donde un grupo de individuos decide no transformar algún componente del sistema natural, y declara que sentiría una pérdida si este componente desapareciera (Lomas et al., 2005).

2.1.4.1. Valor de herencia o legado

Valor de legado o herencia se define como el valor de legar los beneficios del recurso a las generaciones futuras; este valor implica un sentido de pertenencia o propiedad (Aguilera, 2006).

2.1.4.2. Valor de existencia

El valor de existencia deriva del propio conocimiento de la existencia de un determinado activo ambiental. Es el caso, por ejemplo, de la Antártida o de la biodiversidad, cuya existencia, aunque sea por mera convicción moral, nos parece valiosa. Obviamente, a la hora de hacer juicios morales las dificultades de cuantificación se multiplican, aunque puede resultar más sencillo lograr una ordenación de prioridades (Aguilera, 2006).

2.2. Métodos de valoración económica

Mitchell & Carson (1983) clasifican los métodos para estimar valores, en métodos directos e indirectos. En las últimas décadas las metodologías de valoración ambiental han tenido un amplio desarrollo en la medición de aquellos aspectos que antes se clasificaban en intangibles y que en la actualidad pueden ahora medirse en términos monetarios, sin embargo la diferencia entre bienes, servicios e impactos ambientales puede implicar el uso de diferentes metodologías para la valoración de cada uno (Machín & Casas, 2006).

2.2.1. Métodos de valoración directa

Los métodos de valoración directa se basan en precios de mercado disponibles o en observación de cambios en la productividad. Se aplican cuando un cambio en la calidad ambiental o disponibilidad de un recurso afecta la producción o la productividad. Entre los métodos directos destaca el método de la valoración contingente (Medina & Prieto, 2004).

2.2.1.1. Valoración contingente

El método de valoración contingente ha sido ampliamente utilizado en la valoración de recursos biológicos, hábitats y paisajes. Se trata de un método directo, ya que obtiene directamente la valoración monetaria del individuo en un contexto representado por un mercado hipotético en el que el entrevistado tiene que expresar su máxima disposición al pago (DAP) o su mínima disposición a

ser compensado (DAC) ante una potencial medida que altere la situación actual del bien público analizado. Concretamente, por medio de un cuestionario de preguntas que juega el papel de mercado hipotético, un entrevistador representa la oferta del bien ambiental, informa al encuestado de las características del bien, e intenta obtener de éste una valoración monetaria que represente el cambio experimentado en su bienestar cuando se produce una alteración en la calidad o cantidad del bien en cuestión (García & Colina, 2004).

2.2.2. Métodos de valoración indirecta

Los métodos de valoración indirecta hacen uso de los precios de mercado en forma indirecta. Estos métodos se usan cuando diversos aspectos o atributos de los recursos naturales o servicios ambientales no tienen precios reflejados en un mercado establecido. Entre los métodos agrupados bajo este criterio encontramos: precios hedónicos, diferenciales de salario y costo de viaje (Tomasini, 2008).

2.2.2.1. Precios hedónicos

Los modelos hedónicos han sido ampliamente utilizados para analizar la contribución de los diferentes atributos (características) a los precios inmobiliarios. La premisa básica reside en que el valor de una propiedad refleja una corriente de beneficios y que es posible aislar el valor de la característica ambiental u oportunidad recreativa del bien, por ejemplo, una casa en un barrio con baja polución del aire se vendería a mayor valor que una similar en un barrio con alto nivel de polución de aire. Es posible que la técnica de precios hedónicos sirva para valorar algunas funciones ambientales en términos de su impacto en el valor de las tierras, en el supuesto que éstas funciones se reflejen en los precios de la tierra (Tomasini, 2008).

2.2.2.2. Costo de viaje

El método de costo del viaje es uno de los más utilizados para valorar bienes y servicios turísticos o recursos escénicos. Mediante encuestas y estimaciones de

costo de traslado del lugar de origen al lugar turístico (parque, playas, montañas, etc.) se determinan los costos incurridos por los visitantes según distancia, medio de transporte y condiciones de uso. Las encuestas permiten identificar características socioeconómicas de los entrevistados, lugar de origen, días asignados al uso del lugar (incluyendo tiempo de viaje) e ingresos dejados ganar. Con la información recogida se determina el excedente (beneficio) obtenido con los costos incurridos y éste se toma como representante del valor natural o servicio ambiental (Machín & Casas, 2006).

2.3. Los servicios ambientales que brindan los árboles urbanos

Los servicios ambientales se pueden definir como el conjunto de condiciones y proceso naturales incluyendo especies y genes que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales por su simple existencia. Dentro de este conglomerado de servicios se pueden señalar la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma con uso potencial para el beneficio humano, el mantenimiento de valores estéticos y filosóficos, la estabilidad climática, la contribución a ciclos básicos (agua, carbono y otros nutrientes) y la conservación de suelos, entre otros (Torres & Guevara, 2002).

Los árboles urbanos pueden mitigar muchos de los impactos ambientales del desarrollo urbano: atemperan el clima; conservan la energía, bióxido de carbono y agua; mejoran la calidad del aire; disminuyen la escorrentía pluvial y las inundaciones; reducen los niveles de ruido, y suministran el hábitat para la fauna silvestre (Nowak, Dwyer, & Childs, 1997).

Los bosques urbanos actúan como amortiguadores de la temperatura al dar sombra en el verano y detener el viento en el invierno además de reducir la contaminación por ruido y los niveles de CO₂ y proporcionar hábitat para la fauna silvestre. Los beneficios económicos incluyen madera y productos agrícolas, así como una variedad de productos forestales no maderables, tales como artículos artesanales y miel de abejas. Estos beneficios son de especial importancia para los pobres urbanos. Por último, los beneficios globales a la

sociedad son significativos e incluyen la contribución que los árboles y otro tipo de vegetación prestan a la salud mental y física de la población, la provisión de oportunidades de recreación, oportunidades educativas en el tema ambiental y el mejoramiento estético de un ambiente, que de otra manera estaría dominado por asfalto y concreto (Sorensen, Barzetti, Keipi, & Williams, 1998).

2.3.1. Regulación de la temperatura

Uno de los beneficios más importantes de la vegetación urbana es su impacto en el clima. Los árboles influyen al clima en un rango de escalas, desde un árbol individual hasta un bosque urbano en la entera área metropolitana. Al transpirar agua, alterar las velocidades del viento, sombrear superficies y modificar el almacenamiento e intercambio de calor entre superficies urbanas, los árboles afectan el clima local y consecuentemente el uso de la energía en edificios, así como el confort térmico humano y la calidad del aire (Nowak et al., 1997).

Las temperaturas elevadas en verano aumentan el uso de energía para enfriar el efecto llamado “islas de calor urbano” que aceleran la formación de smog urbano. Las islas de calor del verano son creadas principalmente por la falta de vegetación y por la alta radiación solar, absorbida por las superficies urbanas. El análisis de las tendencias de temperatura de los últimos 100 años en varias ciudades grandes de Estados Unidos indica que, desde 1940, las temperaturas en las zonas urbanas han aumentado alrededor de 0.5-3.08 °C. Típicamente, la demanda de electricidad en las ciudades aumenta por 2-4% por cada 1.8 °C que aumenta de la temperatura (Akbari, Pomerantz, & Taha, 2001).

Por lo tanto, se estima que el 5-10% de la demanda actual de electricidad urbana se gasta para enfriar los edificios sólo para compensar el aumento de las temperaturas urbanas 0.5-3.08 °C. La mitigación de las islas de calor urbanas potencialmente puede reducir el consumo de energía nacional (USA) en el aire acondicionado en un 20% y ahorrar más de 10 billones de dólares por

año en el uso de energía y la mejora de la calidad del aire urbano. (Akbari et al., 2001)

2.3.2. Calidad del aire

Las áreas verdes urbanas pueden reducir en cierta medida algunos contaminantes del aire. La contaminación se reduce directamente cuando las partículas de polvo y humo quedan atrapadas en la vegetación. Además, las plantas absorben gases tóxicos, especialmente aquellos originados por los escapes de los vehículos y que constituyen una gran parte del smog urbano (Dwyer, Nowakz, & Noble, 2003). Las altas temperaturas aceleran la formación de smog. El efecto moderador que la vegetación urbana tiene en el clima de una ciudad puede reducir las temperaturas extremas y en consecuencia, reducir este fenómeno en algún grado. El dióxido de carbono es también uno de los principales componentes de la contaminación del aire y es una de las causas principales “del efecto invernadero ”(Sorensen et al., 1998).

2.3.3. Captura de CO₂

La vegetación urbana puede reducir los niveles de dióxido de carbono de dos maneras. En primer lugar, todas las plantas, a través de la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono directamente en la biomasa y a cambio descargan oxígeno. En segundo lugar, cuando la vegetación extensa reduce el calor sofocante en un área urbana, los residentes deben utilizar menos combustibles fósiles para enfriar sus edificios, reduciendo así las emisiones de dióxido de carbono(Dwyer et al., 2003).

Al alterar el uso de energía en los edificios, también en las plantas de energía eléctrica serán alteradas las emisiones de contaminantes atmosféricos y de bióxido de carbono (CO₂), un gas que produce efecto de invernadero. Además de alterar las emisiones de CO₂ de las plantas de electricidad, los árboles urbanos también pueden reducir el CO₂ atmosférico almacenando directamente carbón (del CO₂) en su biomasa, en tanto el árbol crece. Los árboles grandes,

mayores de 77 cm de diámetro, almacenan aproximadamente 3 toneladas métricas de carbón, 1,000 veces más carbón que aquel almacenado por árboles pequeños, menores a 7 cm de diámetro (Nowak et al., 1997). Los árboles sanos continúan fijando carbón adicional cada año; los árboles grandes y vigorosos fijan cerca de 90 veces más carbono anualmente que los árboles pequeños (93 kg C/año vs 1 kg C/año)

2.3.4. Infiltración de agua

El aumento de la urbanización se refleja en una mayor área de superficie impermeable y por lo tanto una mayor escorrentía de aguas pluviales que conduce a la alteración de la calidad del agua, amenazado los suministros de agua, y la reducción de la recarga de mantos acuíferos (Bartens, Day, Harris, Wynn, & Dove, 2009). Las copas de los árboles urbanos son eficaces en la reducción de la escorrentía de aguas pluviales debido al almacenamiento de lluvia en las hojas hasta ser retirada por evaporación, y la canalización de agua hacia abajo tallos y troncos (es decir, el flujo de tronco) en el suelo y lejos de las superficies impermeables. El aumento de la cobertura del dosel puede resultar en la reducción de escorrentía superficial en las zonas urbana (Bartens et al., 2009).

El potencial de los bosques urbanos y otra vegetación para mitigar las aguas pluviales y proporcionar otros servicios es bien sabido, las iniciativas para aumentar la cobertura del dosel urbano han sido mínimamente exitosa, posiblemente debido a los espacios confinados de enraizamiento en los suelos urbanos compactados y las frecuentes perturbaciones de la construcción bajo el suelo. Para asegurar la capacidad de soporte de carga, suelos bajo el pavimento se compactan intencionalmente para densidades aparentes elevadas, típicamente demasiado altos para la penetración de las raíces (Dwyer et al., 2003).

2.3.5. Mitigación de Ruido

La Ciudad de México tiene un nivel de ruido constante de aproximadamente 75 decibeles (equivalente a oír el ruido de un despertador o un silbato de policía) y alcanza frecuentemente niveles de 100 decibeles (que pueden provocar daños en el oído) cerca de las principales carreteras y del aeropuerto de la ciudad (Nowak et al., 1997). Los árboles y la vegetación pueden ayudar a reducir la contaminación del ruido de cinco maneras importantes: por la absorción del sonido (se elimina el ruido), por desviación (se altera la dirección del sonido), por reflexión (el sonido rebota a su fuente de origen), por refracción (las ondas de sonido se doblan alrededor de un objeto) y por ocultación (se cubre el sonido no deseado con otro más placentero). De esa manera, las hojas, ramas, pastos y otras plantas herbáceas absorberán el ruido. Las barreras de plantas o árboles desviarán el sonido lejos de los oyentes y, de encontrarse en los ángulos adecuados con respecto al origen, reflejarán el ruido a su fuente. Si el ruido pasa a través o alrededor de la vegetación, será refractado y en consecuencia disipado (Nowak, Noble, & Sisinni, 2001).

2.3.6. Mejoramiento del hábitat de la fauna silvestre y la biodiversidad

Las áreas verdes urbanas proporcionan hábitat para un considerable número de especies de pájaros y animales. Los residentes urbanos están familiarizados con algunas de estas especies locales habituadas a las condiciones urbanas. En lugares donde hay parques y vegetación, las especies locales y migratorias pueden encontrar hábitat adecuados (Nowak, Hoehn, Bodine, Greenfield, & O'Neil-Dunne, 2013).

2.3.7. Productos forestales y forraje

En lugares donde hay demanda de postes, leña y forraje, las áreas verdes urbanas pueden resultar de vital importancia para proveer estos productos. Especialmente en regiones áridas de América Latina y el Caribe, que tienen escasez de materiales para cercas de bajo costo, las especies de árboles que

producen postes son altamente apreciadas. Esto es particularmente cierto en áreas suburbanas y en pequeños pueblos donde los postes para cercas son utilizados más comúnmente para delimitar parcelas cultivadas o para el ganado. Los postes son muy codiciados para la construcción de edificios, manufactura de muebles y en trabajos de artesanías, en regiones donde estas industrias están dispersas ampliamente (Sorensen et al., 1998).

Hay muchas especies de árboles aclimatadas a condiciones de crecimiento urbano y suburbano como la *Leucaena leucocephala* Lam., que proveen forraje de buena calidad para el ganado. De manera similar, un gran porcentaje de los habitantes urbanos, especialmente los pobres, utilizan leña como su principal combustible para cocinar y calentar sus casas y dependen de algún área verde próxima para conseguirla. Las áreas verdes urbanas pueden proporcionar plantaciones sostenibles de leña que podrían satisfacer las necesidades de estos residentes urbanos (Sorensen et al., 1998).

2.3.8. Amortiguamiento de condiciones climáticas (viento)

Los árboles afectan la corriente del viento alterando su dirección y velocidad. Las copas densas de los árboles tienen un impacto significativo sobre el viento, el cual casi desaparece dentro de aquellas de pocos diámetros y colocadas en la misma dirección; pero la influencia de los árboles aislados es más inmediata. (Heisler, 1990).

Numerosos árboles en el lote de una casa, en conjunción con los árboles en todas partes del vecindario, reducen la velocidad del viento significativamente. En un vecindario residencial de Pennsylvania central con 67% de cubierta arbórea, las velocidades del viento a dos metros sobre el nivel del suelo fueron reducidas 60% en el invierno y 67% en verano, en comparación con velocidades del viento en vecindarios similares sin árboles (Heisler, 1990).

2.3.9. Beneficios económicos y sociales

La presencia de árboles y bosques urbanos puede hacer del ambiente urbano un lugar más placentero para vivir, trabajar y utilizar el tiempo libre. Los estudios de preferencias y conducta de los habitantes urbanos confirman la fuerte contribución que los árboles y los bosques hacen a la calidad de vida urbana. Los bosques urbanos facilitan el uso del tiempo en exteriores (al aire libre) y dan oportunidades de recreación; la contribución total de los árboles, parques urbanos y áreas recreativas, al valor total de experiencias de recreación proporcionadas en los Estados Unidos, podría exceder \$ 2 billones (Dwyer, Mc Pherson, Schroeder, & Rowntree, 1992).

Debido a que los árboles y bosques pueden incrementar la calidad del medio urbano y hacer más atractivo el tiempo libre empleado ahí, puede haber un ahorro substancial en la cantidad de combustible vehicular usado, porque la gente no necesita manejar tan lejos para llegar a sitios de recreación (Dwyer et al., 1992).

2.3.10. Salud mental y física

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

2.3.11. Valores de la propiedad

El valor de ventas de las propiedades refleja el beneficio que los compradores asignan a los atributos de las mismas, incluyendo la vegetación en o cerca de la propiedad. Una encuesta sobre venta de casas unifamiliares en Atlanta,

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

2.3.12. Desarrollo económico local

Los bosques urbanos hacen amplias contribuciones a la vitalidad económica de una ciudad, vecindario o subdivisión (fraccionamiento). Aunque esto es difícil de cuantificar, aparentemente no es accidente que muchas ciudades y pueblos hayan obtenido su nombre por los árboles y muchas ciudades luchan para ser la "Ciudad Árbol USA". Los árboles pueden dominar el ambiente de la ciudad y contribuir significativamente al carácter de la misma. Los programas de acción comunitaria que empiezan con árboles y bosques, a menudo se expanden a otros aspectos de la comunidad y resultan, en un desarrollo económico substancial. Con frecuencia, los árboles y bosques en las tierras públicas y, en alguna medida, en las tierras privadas, también son recursos significativos de "propiedad común" que contribuyen a la vitalidad económica de un área entera (Sorensen et al., 1998).

2.3.13. Empleo

Otro importante aspecto material del manejo de áreas verdes urbanas es el de los trabajos generados para pobres, trabajadores calificados y no calificados. Los proyectos de áreas verdes urbanas son a menudo trabajos de mano de

obra intensiva y proporcionan trabajos para la puesta en marcha (preparación de suelo, plantación, etc), así como trabajos más permanentes (mantenimiento, manejo, etc). Por ejemplo, en el programa de áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, hay un componente forestal que requerirá un extenso uso de mano de obra no calificada. Los administradores del proyecto han estimado que el programa necesitará alrededor de 3.380 trabajadores para producir y transportar plantas, 3.700 para trabajar en la plantación, 800 en el manejo y más de 100 para protección y vigilancia en las áreas verdes existentes (Sorensen et al., 1998).

2.3.14. Estética

Aunque no es considerada tan importante como para satisfacer necesidades básicas, tales como comida y refugio, la estética de las áreas verdes puede también ser de gran significado para muchos residentes urbanos. Hay numerosos ejemplos de grupos cívicos en América Latina y el Caribe que patrocinan plantaciones de árboles para mejorar la estética en partes clave de sus ciudades. La vegetación reduce el brillo y reflejo del sol, complementa las características arquitectónicas y atenúa la dureza de vastas extensiones cubiertas de cemento (Sorensen et al., 1998).

2.4. Valoración económica de áreas verdes urbanas y arbolado

Los ecosistemas vegetales urbanos no han sido un objetivo principal de los métodos de valoración ambiental a excepción de la valoración individual de árboles por la Norma Granada. Su relación con la población local, su evolución y la frecuente intervención del hombre en ellos, marcan las diferencias con los ecosistemas naturales (Medina & Prieto, 2004).

Las aplicaciones de la valoración de arbolado son muy numerosas; desde las valoraciones motivadas por la expropiación debido a la construcción de líneas de alta velocidad, autovías o demás obras públicas, hasta las motivadas por daños de múltiples tipos: accidentes físicos, químicos, meteorológicos,

incendios forestales, impacto ambiental, etc. También es cada vez más importante la concienciación que los poderes municipales presentan respecto al valor de los elementos integrantes de sus inventarios públicos, en particular de sus parques o jardines, especialmente hacia aquellos árboles que puedan tener la catalogación de históricos o monumentales (Vidal, 2012).

2.4.1. Valoración de arbolado

En relación con la valoración de los árboles, la tasación históricamente ha apuntado hacia especies frutales y forestales; en el caso del arbolado urbano, además de conocer su valor, también se busca determinar su mantenimiento y mejoramiento, estimación de la pérdida y la cuantificación de los egresos municipales (Caballer, 1999) Además, se resalta que la valoración del arbolado no es una ciencia exacta. No obstante, se han desarrollado métodos, algunos específicos, que permiten dar a los árboles un valor de mercado, que se basan en factores como tamaño, expectativa de vida, valía estética, ubicación, forma, costo y depreciación, entre otros (Cullen, 2002).

2.4.1.1. El costo de reemplazo

El costo de reemplazo es la forma más directa de establecer la cuantía de un árbol, aunque pueden ser demasiado grandes para sustituirlos por uno similar, para ello se utilizan fórmulas especiales. Las hay de dos tipos, las que establecen un valor inicial a partir del tamaño y luego se ajusta por factores (condición, localidad, calidad de la especie); y las que establecen un rango de puntos para diferentes variables, siendo después ponderadas por un factor monetario (Ponce & Piedrahita, 2009).

2.4.1.2. Métodos

Valorar grandes árboles es un trabajo laborioso. Se convierte en una tarea compleja para arboricultores, silvicultores, técnicos expertos y otros especialistas en la materia. De forma general, los tasadores de árboles utilizan el coste de reposición para fijar el valor de un árbol. Pero hay situaciones en las

que es difícil el reemplazamiento de un árbol, como consecuencia de su gran dimensión o de su gran trascendencia (Watson, 2001).

La mejor forma para valorar un árbol y un conjunto de árboles urbanos sigue siendo el uso de fórmulas, las que al menos deben incluir tres tipos de variables, un valor monetario inicial, y las relacionadas con la condición del árbol y sus amenidades (Melorose et al., 2015).

A nivel mundial las fórmulas más ampliamente difundidas son: las del método del Consejo de Tasadores de Árboles y paisaje de los Estados Unidos, el método Bunnley de Australia; el método de amenidades de árboles y bosques de Gran Bretaña, conocido como Helliwell; la Norma Granada de la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos y el Método Estándar de Evaluación de Árboles de Nueva Zelanda (Melorose et al., 2015).

2.4.1.2.1. Método del Consejo de Tasadores de Árboles y del Paisaje

El Método del Consejo de Tasadores de Árboles y del Paisaje CTLA, desarrolló diferentes métodos para la valoración de arbolado urbano, para las diferentes situaciones que pudieran presentarse. Los métodos actuales que componen CTLA, (Cullen, 2007)

Método del Costo de Reposición (Replacement Cost Method (RCM))

Método de la Fórmula del Tronco (Trunk Formula Method (TFM))

Método del Costo de Cura (Cost of Cure Method (CoC))

Método del Costo de Reparación (Cost of Repair Method (CoR))

RCM y TFM son los métodos más antiguos y también los más utilizados.

El Método del Costo de Reposición (RCM) utiliza el costo de reemplazar el árbol que se está valorando, como una estimación del valor del mismo. También utiliza el coste de proporcionar árboles sustitutos o, el servicio que proporcionan

estos árboles como una estimación de su valor o de sus servicios. El costo inicial del árbol básico se ajusta a la especie del árbol, su condición física, y su ubicación (emplazamiento, colocación y aportación) (International Society of Arboriculture).

El Método de la Fórmula del Tronco (TFM) se usa para estimar el valor monetario de árboles que se consideran demasiado grandes como para ser sustituidos o reemplazados. El valor del árbol se basa en el costo de árboles grandes que habitualmente son utilizados para trasplante y en el costo de su instalación. Al igual que en el anterior método, el costo del árbol básico se basa en la especie del árbol, su condición física, y su ubicación.

Usando el Método de la Fórmula Troncal como se define por el CTLA (2000), queda de la siguiente forma:

$$\text{TFM} = (((\text{AT o ATA} - \text{ATr}) \times \text{VB}) + \text{CR}) \times \text{CE} \times \text{CN} \times \text{CL}$$

Donde:

AT o ATA: Área del Tronco (AT) o Área del Tronco Ajustada (ATA); AT es el cálculo del área del tronco a valorar, con el diámetro tomado a 1.40 m de altura desde el piso el cual se puede calcular con la siguiente expresión $\text{AT} = 0.735d^2$ donde d = diámetro tomado a 1.40 m de altura desde el piso. Debido a que el crecimiento de los árboles es mayor cuando éste es joven, la mayoría de los árboles disminuyen su velocidad de crecimiento conforme maduran, por ello cuando los árboles tienen un diámetro mayor a 75 cm se realiza un ajuste al calcular el área del tronco, ésta fue determinada empíricamente por el Consejo de Tasadores de Árboles y Paisajes de los Estados Unidos (EU) sobre la base del incremento percibido en tamaño del árbol, longevidad esperada, mantenimiento anticipado y seguridad estructural, de este modo, se calcula con la siguiente expresión $\text{ATA} = -0.335d^2 + 176d - 7020$ donde d = diámetro tomado a 1.40 m de altura desde el piso.

ATr: Área del Tronco de remplazo, esta área del tronco del árbol de remplazo corresponde a la más grande disponible en la región en cm^2 o In^2

VB: Valor base, es el precio por pulgada cuadrada o centímetro cuadro de un árbol, resultado de dividir el precio del árbol entre su área del tronco (Dólares o Pesos/ cm^2 o In^2)

CR: Costo de Remplazo, es el costo de comprar e instalar el mayor árbol trasplantable comúnmente disponible en la región (misma especie o especies comparables). El árbol trasplantable más común disponible es definido como: la clase de tamaño más grande que está disponible para más del 50% de las especies comercializadas, la clase de tamaño más grande que está disponible para más del 50% de los proveedores de venta al por mayor y de viveros minoristas, o la clase de tamaño más grande que constituye al menos 10% de las existencias realmente disponibles para la mayoría de las especies comercializadas.

CE: Clasificación de la Especie, es el valor de especie, el cual toma un valor que va de 0.0 a 1.0. Está dado por las características del árbol evaluado, con respecto a distintos atributos entre las que destacan: velocidad de crecimiento, hábito de crecimiento, resistencia a heladas, resistencia a sequía y belleza visual. Este valor es asignado por especialistas de la ISA a cada especie en cada región.

CN: Calificación de Condición, valor de clasificación de condición entre 0.0 y 1.0 se evalúan dos factores, principalmente la estructura del árbol y la condición sanitaria de éste. La expresión de síntomas y signos es subjetiva. El evaluador debe considerar las características de las especies individuales y usar las circunstancias existentes como una escala razonable para la determinación de la condición (Cuadro 1).

Cuadro 1. Calificación de condición para árboles de paisaje: cada planta puede tener cualquier combinación de los siguientes problemas de salud o estructurales, y otros.

Calificación de Condición	Estructura del árbol considera la condición/formación de la raíz, la condición del tronco y la inserción y la disposición de las ramas.	Calificación	Valores
		<p>La estructura del árbol considera la condición / formación de la raíz, la condición del tronco y la inserción y la disposición de las ramas.</p> <p>La salud del árbol considera los indicadores de la copa que incluyen el vigor, la densidad, el tamaño de las hojas, la calidad y las extensiones de brotes del tallo</p>	
Excelente	Plato de raíz sin perturbaciones y libre de obstrucciones. Los brotes de la raíz tienen un desarrollo normal. No hay defectos o cavidades visibles en el tronco. El espaciado entre ramas / estructura y los brotes secundarios adjuntos están libres de defectos.	<p>Espécimen perfecto con excelente forma y vigor, copa bien equilibrada. El tronco es sólido y sólido. Sin aparentes problemas de plagas. Excede de manera normal</p> <p>la longitud del brote en un nuevo crecimiento. Tamaño y color de la hoja normales. Expectativa de vida excepcional para la especie.</p>	1.0-.90
Buena	La placa de la raíz parece normal; solo se pueden encontrar daños menores. Posibles signos de disfunción de la raíz alrededor del brote del tronco. Defectos menores del tronco por una lesión previa, con buen cierre; menos del 25% de la sección de corte faltante. Buen hábito de rama,	Densidad imperfecta del dosel en algunas partes del árbol, 10% o menos, sin simetría natural. Menos de la mitad de la tasa de crecimiento normal y una deficiencia menor en el desarrollo foliar. Pocos problemas o daños de plagas, controlable. Desarrollo normal de ramas y tallos	.90-.75

	<p>muerte regresiva menor con los signos de poda anterior. La formación del tal codominante puede estar presente. Correcciones menores requeridas</p>	<p>con crecimiento saludable. Esperanza de Vida típica para la especie.</p>	
Media	<p>La placa de la raíz revela daño o alteración previa y las raíces disfuncionales pueden ser visibles alrededor del tallo principal. Evidencia de daño al tronco o cavidades con reducción o defectos presentes. Menos del 30% de las secciones de corteza que faltan en el tronco. Los tallos codominantes están presentes. El hábito de ramificación y los brotes secundarios indican poca poda o daño, lo que requiere correcciones moderadas.</p>	<p>Declinación de la copa y muerte regresiva hasta el 30% del dosel. Simetría pobre general. Color de las hojas algo clorótico con hojas más pequeñas. Las extensiones de brotes indican un retraso en el crecimiento y condiciones de crecimiento estresadas. Signos evidentes de problemas de plagas que contribuyen a una condición menor. Algunas áreas de descomposición se encuentran en el tallo principal y las ramas. Por debajo de la esperanza de vida promedio</p>	.75-.50
Pobre	<p>La alteración del plato de raíz y los defectos indican un daño mayor con las raíces de anillado alrededor de los brotes del tronco. El tronco revela que falta más del 50% de la sección de corteza. La estructura de la rama tiene pocos brotes secundarios, con varios elementos estructuralmente muertos o rotos. El dosel revela signos de daño severo o relleno, con importantes acciones correctivas requeridas.</p>	<p>Sin corona completa, más del 50% de disminución y muerte regresiva, afectando especialmente ramas más grandes. El retraso en el crecimiento es evidente con poca evidencia de crecimiento en tallos más pequeños. El tamaño y el color de la hoja revela estrés general en la planta. La infestación de insectos o enfermedades puede ser grave. Extenso decaimiento o huecos. La esperanza de vida es baja.</p>	.50-.30

Fuente: Purcell, 2012

CL: Calificación de Localización. EL valor de clasificación de localización va entre 0.0 y 1.0. Se obtiene como un promedio de tres factores que son: posición (forma en la que está puesto el árbol en el paisaje), contribución (contribución al entorno mediante servicios ambientales principalmente) y colocación (entorno en el que está colocado) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de ubicación para árboles.

Calificación de Localización	Posición del sitio	Contribución del sitio	Ubicación del sitio	Valores
	El aspecto general y la calidad del sitio en relación con el valor de mercado en el área; apariencia general del sitio	Los atributos funcionales y estéticos que la planta tiene en el sitio en general en términos de atractivo y propósito	La efectividad de la realización de beneficios y la influencia de la planta en la contribución al sitio	
Excelente	Arboretum	Filtración de aire	Árboles en un diseño de paisaje funcional	1.0-.90
	Área residencial bien mantenida	Purificación del agua	Árbol único, histórico o de espécimen	
	Distrito histórico	Reducción del ruido	Valor estético sobresaliente en el paisaje	
	Parques designados y áreas de recreación	Control de la erosión		
bueno	Zonas residenciales suburbanas	Rompevientos	Considerable elemento en el paisaje para la calidad del diseño o función	.90-.75
	Campo de golf	Efectos de sombra / enfriamiento		
	Escuela / campus corporativo	Factores estéticos específicos de la planta	Plantas en un Cortavientos, pantalla u otra plantación integral	
	Espacios verdes / monumentos	Acentos		
	Cementerio	Vistas enmarcadas	La plantación permite los máximos beneficios funcionales	
	Parques escénicos			
Normal (fair)	Calles / bulevares de la ciudad	Definición de espacio	Sitio de siembra bien espaciado	.75-.50

	Zonas residenciales rurales	Intimidad	Instalación de árboles en pozos de siembra o franjas de césped
	Calles urbanas	Manejo de tráfico	
	Áreas industriales / comerciales	Vistas creadas	Masa, plantaciones no planificadas en un sitio
Pobre	Calles / caminos en áreas rurales	Screenin cribado	Árboles con .50-.30 interacción de utilidad
	Woodlots, gestionados		Espaciado incorrecto con conflictos de infraestructura
	Autopistas / interestatales		
	Campo, bosques naturales		Especies con problemas de hojas de fruta o hojarasca
	Woodlots, no manejadas		Especies invasivas

Fuente: Purcell, 2012

El valor obtenido por las primeras cuatro variables de la fórmula se conoce como el costo básico del árbol ((AT o ATA- ATr x VB) +CR), de este modo, otra expresión de la fórmula TFM es la siguiente:

TFM = Costo básico del árbol(CB) x Calificación Especie (CE) x Calificación de Condición (CC) x Calificación de Ubicación (CU)

2.4.1.2.2. Burnley

Burnley. Este método utiliza el tamaño del árbol (medido como el volumen de un cono invertido) y un valor monetario, denominado valor base. El volumen del árbol es multiplicado por el costo por metro cúbico en viveros minoristas, de la misma especie preferentemente. El valor es modificado por factores que podrían reducir el valor base: expectativa de vida (0.5 a 1.0); forma y vigor (0.0 a 1.0); y ubicación (0.4 a 1.0) (Ponce-donoso et al., 2012). La fórmula puede expresarse de la siguiente forma:

$$\text{Burnley} = VA * VB * EV * FV * LN *$$

Donde:

VA: Volumen del Árbol, es volumen del árbol que se calcula como si fuera un cono invertido, para lo cual se mide la altura y el diámetro del dosel o copa, la fórmula queda de la siguiente manera: $VA = h\pi r^2/3$

VB: Valor Base, se refiere al valor en cm^3 de la especie en viveros minoristas.

EV: Expectativa de Vida, este modificador toma en cuenta la esperanza de vida útil proyectada de la muestra, o del árbol, los valores de este modificador son 0.5 (menor a 10 años), 0.6 (10-19 años), 0.7 (20-29 años), 0.8 (30-39 años), 0.9 (40-49 años) y 1.0 (más de 50 años)

FV: Forma y Vigor, este factor se usa para evaluar la forma y el vigor del árbol (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descriptores de forma y vigor y su valor como modificadores.

DESCRIPTORES DE FORMA Y VIGOR	MODIFICADORES (FV)
Forma perfecta y excelente vigor	1.0
Ligeras imperfecciones en forma	0.9
Vigor reducido ligeramente	0.9
Ligeras imperfecciones y vigor ligeramente reducido	0.8
Buena forma con buen vigor	0.75
Buena forma con vigor promedio	0.7
Buen vigor con forma promedio	0.7
Buena forma con poco vigor	0.65
Buen vigor con mala forma	0.65
Bifurcación del tronco y excelente vigor	0.6
Bifurcación del tronco y buen vigor	0.55

Bifurcación del tronco y vigor promedio	0.5
Bifurcación de tronco y pobre vigor	0.4
Forma pobre con vigor promedio	0.3
Pobre vigor con forma promedio	0.30
Forma pobre y pobre vigor	0.20
Exceso de madera muerta, cavidades forma pobre	0.1
Muerto	0.0

Fuente: Moore, 1991

LN: Localización, este modificador se utiliza para evaluar la idoneidad del árbol para su ubicación particular (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descriptores de localización y su valor como modificador

DESCRIPTORES DE UBICACIÓN	Modificadores (LN)
Idoneidad perfecta	1.0
Podría estar mejor ubicado, pero sin problemas	0.9
Problemas menores ej. Elevación de pavimento	0.8
Especie inadecuada o causa problemas	0.7
Especie inadecuada y causa problemas	0.6
Especie inadecuada y causa problemas importantes	0.5
No apto	0.4

Fuente: Moore, 1991

2.4.1.2.3. Valoración de Amenidades de Árboles y Bosques

Este método, también conocido como Helliwell, fue creado en la Gran Bretaña en 1967, posteriormente adoptado en forma ligeramente modificada por el Consejo del Árbol de la Gran Bretaña (Tree Council) en 1974. Este método se divide a su vez en dos partes; la primera para hacer la valoración de árboles individuales y la segunda para realizar la valoración de un conjunto de árboles (Helliwell 2008).

El método valoriza las amenidades visuales y usa puntos de 1.0 a 4.0 para seis factores: tamaño del árbol, expectativa del vida, importancia en el espacio, presencia de otros árboles, relación con el entorno, forma y factores especiales (en algunos casos puede ser menor que 1.0), que son en conjunto multiplicados por un valor monetario determinado (Ponce-donoso et al., 2012). La fórmula para valoración de árboles individuales se expresa como:

$$\text{Valor (US\$)} = TA * EV * IE * PA * ID * FO * MD$$

Donde:

TA: Tamaño del Árbol, se evalúa como el área del árbol cuando se ve desde un lado. (Si esto varía de un punto de vista a otro, se debe tomar una cifra promedio). La altura debe evaluarse con precisión, o medirse con un hipsómetro o clinómetro, y multiplicarse por el diámetro promedio de la corona. El tallo del árbol debe incluirse en esta medida. Los puntajes para este factor dependiendo el área es de 0.5 (2-5m²), 1 (5-10m²), 2 (10-20m²), 3 (20-30m²), 4 (30-50m²), 5 (50-100m²), 6 (100-150m²), 7 (150-200m²) y 8(mayor a 200m²).

EV: Expectativa de Vida, se debe hacer una estimación del tiempo probable que el árbol puede contribuir a la amenidad visual de su ubicación. Esto tendrá en cuenta la vida útil biológica normal de los árboles de esa especie, su edad aproximada actual y cualquier factor que pueda esperarse que amplíe o reduzca su esperanza de vida.

Aunque algunos árboles pueden sobrevivir durante varios siglos o (en casos extremos) varios miles de años, la mayoría de los árboles tienen una esperanza de vida de no más de 300 años bajo condiciones típicas en jardines, parques o calles; y es poco probable que algunas especies de árboles sobrevivan por más de 50 o 60 años. En áreas tales como grandes parques con relativamente pocas personas y donde las condiciones son adecuadas para la especie en cuestión, algunos árboles pueden crecer por tal vez el doble de tiempo, o más. Los puntajes utilizados para este factor son 0 (menor a 2 años), 1 (2-5 años), 2(5-40) años, 3 (40-100 años) y 4 (más de 100 años).

IE: Importancia en el Espacio, este factor es una expresión de la prominencia visual del árbol. Un único árbol prominente en el centro de una ciudad tendrá una tasa muy alta en este factor, mientras que un árbol en un área remota y aislada no lo hará (Cuadro 5).

Podría argumentarse que los árboles no tienen un valor de amenidad visual intrínseco; y los árboles que no pueden verse desde cualquier punto de vista público o privado generalmente accesible tendrán poco o ningún valor real de amenidad visual aunque, por supuesto, pueden tener otros valores y pueden tener un potencial valor visual si ocurren cambios en el área circundante a ellos.

Cuadro 5. Evaluación de la importancia en el espacio del árbol a evaluar.

Importancia	Descripción	Puntaje
“Sin importancia”	Árboles que no se pueden ver desde un punto de vista normal.	0
“Muy poco importante”	Árboles que solo pueden verse con dificultad o por un número muy reducido de público en general.	0.5
“Poco importante”	La mayoría de los árboles en los bosques, jardines traseros o en grupos de árboles, etc.	1
“Algo importante”	Árboles de carretera individuales, árboles	2

	cerca de rutas de transporte, árboles en parques públicos, cerca de senderos públicos, en terrenos de hospitales, universidades, etc.	
“Importancia considerable”	Árboles individuales prominentes en lugares frecuentados como centros urbanos, parques de pueblos, centros comerciales, etc.	3
“Gran importancia”	Árboles que son de importancia crucial como característica principal de un lugar público	4

Fuente: Helliwell, 2008

PA: Presencia de otros Árboles se refiere a la presencia de árboles en la zona, ya que, en un lugar con muchos árboles la pérdida de uno será en igualdad de condiciones menos importante, que la pérdida de un árbol similar en un lugar con pocos árboles (Cuadro 6).

Cuadro 6. Escala de evaluación con respecto a la presencia de otros arboles

Presencia	Descripción	Puntaje
Bosque	más del 70% del área visual cubierta por árboles y al menos 100 árboles en total	0.5
Muchos	más del 30% del área visual cubierta por árboles, y al menos 10 árboles en total	1
Algunos	más del 10% del área visual cubierta por árboles, y al menos cuatro árboles en total	2
Pocos	menos del 10% del área visual cubierta por árboles, pero al menos otro árbol presente	3
Ninguno	ningún otro árbol presente en el área bajo consideración	4

Fuente: Helliwell, 2008

ID: Idoneidad para establecer, éste es probablemente el factor más difícil de determinar. Como enfoque muy general, uno podría aspirar a tener el árbol más grande y más denso, o grupo de árboles, que el espacio disponible contendrá apropiadamente (y se debe enfatizar la palabra "apropiadamente"). Por lo tanto, un árbol pequeño en un espacio grande puede parecer insignificante. Igualmente, un árbol grande en un espacio pequeño puede parecer abrumador o "inapropiado"(Cuadro 7).

Los árboles que se encuentran cerca de edificios, los árboles con follaje como el abedul o la falsa acacia pueden ser más adecuados que las densas especies foliadas como el haya o el sicómoro, ya que bloquearán menos luz de los edificios, causarán menos obstrucción a la vista, y complementará la apariencia de los edificios en lugar de ocultarlos. No obstante, donde los árboles se mantienen alejados de los edificios, es probable que su impacto visual sea mayor si son de tipo de follaje más denso. Sin embargo, otras soluciones pueden ser exitosas en casos particulares.

Cuadro 7 Escala de evaluación con respecto a Idoneidad para establecer

IDONEIDAD PARA ESTABLECER	PUNTAJE
Totalmente inadecuado (demasiado grande, demasiado pequeño, oscureciendo una vista atractiva, alterando la composición formal, el color totalmente equivocado, etc. El paisaje mejoraría si se elimina el árbol).	0
Moderadamente inadecuado	0.5
Adecuado	1
Bastante adecuado (bastante bien colocado. Un activo definido para el paisaje).	2
Muy adecuado (Vistas bien ubicadas o de cribado antiestéticas).	3
Particularmente adecuado (Vistas bien colocadas y de cribado antiestéticas, o haciendo una contribución especial al personaje local).	4

Fuente: Helliwell, 2008

FO: Forma, se refiere al tipo de crecimiento del árbol estéticamente, sin tomar en cuenta su estructura, su valor va de 0 a 2 para un árbol con una forma pobre el puntaje va de 0.5-0.9, un árbol con una forma promedio su puntuación es de 1 y un árbol con una forma buena puede puntuarse de 1.1-2.0

Monto en Dinero (MD): es el factor de conversión por el cual se multiplicará el puntaje obtenido. En el año 2017 dicho valor fue de £ 31.93 (treinta y uno punto noventa y tres libras esterlinas), según la Asociación de Arboricultura (The Arboricultural Association) de Reino Unido. Cada libra equivale a \$24.55 (veinticuatro punto cincuenta y cinco pesos mexicanos)(Banxico, 2017). Los diferentes factores a evaluar se pueden observar de manera resumida en el Cuadro 8 (Helliwell, 2008).

Cuadro 8. Factores y puntajes usados para la valoración individual de arbolado por el método Helliwell.

Factor	Punto's									
	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
i. Tamaño	<2m ²	2-5m ²	5-10m ²	10-20m ²	20-30m ²	30-50m ²	50-100m ²	100-150m ²	150-200m ²	>200m ²
ii. Expectativa de vida	<2		2-5	5-40	40-100	>100				
iii. Importancia	Ninguna	muy pequeña	pequeña	Alguna	Considerable	importante				
iv. Cobertura de árboles		>70%	>30%	>10%	Ninguno					
v. Idoneidad para establecerse	No	Mala	Justa	Grande	Particular					
vi. Forma		Pobre	Promedio	Buena						

Fuente: Helliwell, 2008

Cabe mencionar que este método ha sido utilizado ampliamente en casos judiciales, consultas públicas, reclamos de seguro y es el único método de valoración que actualmente es aceptado en los tribunales ingleses (Helliwell 2008).

2.4.1.2.4. Método Estándar de Evaluación de Árboles

Se conoce como STEM por sus siglas en inglés, esta fórmula utiliza un sistema de puntos a base de veinte atributos (3 a 27 puntos para cada uno) en tres campos: condición, amenidad y características especiales de notabilidad. Los atributos son: condición (forma, frecuencia, vigor y vitalidad, función, y edad); amenidades (estatura, visibilidad, presencia de otros árboles, papel, y clima); notabilidad, solo para los árboles que tengan más de 50 años (estatura: aspecto, y forma; historia: edad, asociación, conmemoración, remanente, y relicto; y científico: fuente, rareza, y riesgo). El total de puntos es multiplicado por el precio mayorista en vivero de un árbol de cinco años de edad preferiblemente, más el costo mayorista de plantación y mantenimiento del árbol a la misma edad que éste se hubiera perdido, de esta manera, esto se multiplica por un factor de conversión desde mayorista a minorista, para lo cual se recomienda un valor 2 (Ponce-donoso et al., 2012). La fórmula es la siguiente:

Valor (US\$) = [total de puntos (540 posibles) x costo mayorista + costo plantación + costo mantención] x factor de conversión minorista (se sugiere un factor de 2).

2.4.1.2.5. Norma de Granada

La norma de Granada es un método de valoración especialmente pensado para árboles y arbustos ornamentales. Fue redactada por la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos (AEPJP) y editada en 1990. La primera revisión fue publicada en 1999 y la segunda en el 2006. Es ampliamente utilizada y reconocida en España.

El método de valoración que se propone con la presente Norma de Granada se basa en los siguientes elementos: Objetivación máxima de los elementos y factores tomados del mercado y/o medidos en la realidad; proyección en el tiempo de los datos y funciones tamaño-precio obtenidos, tanto para supuestos de mayor envergadura del árbol, como para actualización automática, sin más que utilizar al día la información del sector. Se distingue entre árboles sustituibles, que son aquellos que se pueden comprar y replantar, y los no sustituibles, que son los que no es posible conseguir en el mercado de los viveros ornamentales. Se precisará algo más la noción de sustituible, pero como referencia, en las frondosas la frontera está a partir de los 30 cm. de circunferencia (AEPJP, 2007).

Se fijan tres grandes grupos de intervención con variaciones en el procedimiento de valoración:

a) Frondosas.

b) Coníferas.

c) Palmeras y similares.

2.4.1.2.5.1. Valoración de árboles sustituibles

Para los árboles sustituibles, se buscaría el precio de compra del árbol en cuestión en los catálogos de viveros ornamentales, o bien se buscaría en la curva o función de regresión correspondiente al grupo de especies de similar comportamiento. Una vez obtenido el precio de mercado, se le sumarían los gastos de plantación, arranque y los gastos anuales de mantenimiento, capitalizados con interés compuesto durante el tiempo que ha vivido el árbol. Se ha considerado la probabilidad de éxito en el trasplante (riesgo del trasplante). La fórmula más general sería, de acuerdo con Caballer (2007):

$$\text{Valor Básico} = (P_m + C_t)(\alpha^{-1})(1+r)^t + (C_{cn+1})(1+r)^t + (C_{cn+2})(1+r)^{t-1} + \dots + (C_{ct} - 1)(1+r) + C_{ct}$$

Donde:

n = año de plantación

Pm = precio de mercado para un calibre (y edad determinado).

Ct = Costo de arranque y plantación.

α = Probabilidad de éxito en trasplante ($0 \leq \alpha \leq 1$).

t = Edad del árbol arrancado (año de la valoración).

Cc = Costo de cultivo y mantenimiento el año n+1.

Si se supone que los costos de cultivo y mantenimiento son iguales todos los años la fórmula queda así:

$$Vp = ((Pm + Ct) (\alpha^{-1})) (1 + r)^{t-n} Cc ((1+r)^{t-n+1} - 1) (r^{-1})$$

2.4.1.2.5.2. Valoración para árboles no sustituibles. Frondosas y Coníferas

Para llegar a la formulación objetiva del valor básico, el planteamiento centra su trabajo en encontrar una cierta función «f» cuya variable dependiente sea el valor básico (o el precio) en términos monetarios (AEPJP, 2009).

Existe, para ello, dos supuestos de partida:

1. No es posible hallar una ecuación en la que intervengan variables territoriales, culturales o cualitativas del árbol (singularidad, rareza, etc.). Hay que buscar, por lo tanto, «un valor básico», como punto de partida, y dejar estas variables mencionadas para una segunda etapa, la de los índices correctores.
2. Hay que utilizar variables cuantitativas, medibles, significativas, y en el menor número posible.

La sigmoide o función de Richards, de fructífera tradición en el análisis de los fenómenos biológicos, y su caso particular la ecuación o función logística, se acomoda muy bien al modo de comportamiento del árbol en su evolución; a semejanza de lo que ocurre con éste, la función logística presenta un punto de inflexión, a partir del cual comienza a disminuir el crecimiento relativo, y tiende asintóticamente a un valor máximo (AEPJP, 2007). La ecuación es:

$$y = (K) ((1+V eb(x.xi))^v)^{-1}$$

Donde:

v: es un coeficiente que después de estudios detenidos, se ha fijado en 0.01 para todos los grupos.

k: es el valor máximo, el parámetro más independiente del comportamiento del árbol, y al que tiende asintóticamente la curva. Es el multiplicador máximo del precio estándar en vivero para un calibre característico (tamaño 10-12 cm. de circunferencia en frondosas, y 100-125 cm. de altura en coníferas). Se han tomado tres valores de k, que cambia con la longevidad de las especies: 1.000, 750 y 500.

xi: representa el punto de inflexión, que también cambia según la longevidad y el hábito de crecimiento.

b: es un parámetro para el precio de partida. Así, el valor básico.

y: es un multiplicador del precio que tendría el árbol en vivero a los calibres característicos. Este valor se da tabulado para las 15 ecuaciones que han resultado, con valores cada 5 cm. para el perímetro en frondosas, y cada 50 cm. de altura para las coníferas.

2.4.1.2.5.3. Valoración para árboles no sustituibles. Palmeras y similares.

La distinta configuración morfológica de las palmeras, su sensible diferencia fisiológica respecto a los árboles frondosos y coníferas hace tener presentes, a la hora de establecer un método de valoración objetivo, ciertos elementos de diferenciación: Sus variados y a la vez anárquicos modos de presentación, venta y expedición. La escasa representatividad de viveros especializados, en comparación con el resto del conjunto de viveros ornamentales (AEPJP,2009).

Por todo ello, es difícil la obtención de más datos fiables y con evolución conocida que nos permita realizar una curva de regresión, que proporcione un

valor básico de arranque, susceptible de aplicarse en la fórmula final de valoración. Se sigue optando, por lo tanto, por una fórmula empírica.

El coste característico representaría en estos especímenes el precio medio teórico de mercado de ese individuo para el mínimo tamaño comercial (habitualmente posible) que se debe revisar y actualizar periódicamente.

Se adopta el término h/k como mejor expresión de la edad, donde h = altura en cm. del tronco y k = constante de crecimiento. Así pues, se patentiza en este cociente h/k la relación entre la altura del ejemplar (en cm), como resultante de la edad del mismo y su respuesta fisiológica. En la fórmula final aparecería este cociente elevado al cuadrado por la gran importancia del mismo en el cómputo del valor final (AEPJP, 2007).

Así pues, la fórmula quedaría como sigue:

$$\text{básico} = \text{característico} \times (h \cdot k^{-1})^2 \times$$

Los índices correctores ponderarían igual que en las frondosas y coníferas. Las mismas consideraciones expuestas antes, en cuanto a los árboles sustituibles y no sustituibles.

2.4.1.3. El caso de México

En el caso de México, especialmente en la Ciudad de México, se han aplicado 3 distintos métodos que continuación se detallan.

2.4.1.3.1. La Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-001-RNAT-2006)

La NADF-001-RNAT-2006, establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el distrito federal, fue publicada por el Gobierno del Distrito Federal (GDF) en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 8 de diciembre del año 2006. En esta norma se menciona

que el arbolado urbano es víctima de podas inmoderadas y derribos injustificados, debido a la falta de especificaciones para realizar estas actividades o muchas veces se hacen de manera clandestina, atribuibles al desconocimiento o la negligencia social e institucional. Por ello el Objetivo general de esta norma fue garantizar una mejor gestión de los recursos, en este caso el arbolado para asegurar su existencia y correcto aprovechamiento (GDF, 2006).

Para la restitución económica de arbolado por alguna causa ya sea obra pública, obra privada, por afectar severamente la infraestructura, el equipamiento o los servicios urbanos, o como parte de un programa de mantenimiento, se toman en cuenta 7 factores (Cuadro 9.), los cuales de acuerdo con características del ejemplar se van asignando puntajes de 1 a 4, entonces el puntaje de valoración esta dado por la siguiente fórmula:

NADF-001-RNAT-2006= Puntaje de Valoración (éste se transforma por un equivalente en dinero)

Puntaje de Valoración = AA+DT+ES+EG+EV+ PA+ MU

Donde:

AA: Altura del Árbol,

DT: Diámetro del Tronco,

ES: Estructura,

EG: Estado General del árbol y servicios ambientales,

EV: Expectativa de Vida útil,

PA: Presencia de otros Árboles por Unidad de Superficie (Ha.) o longitud (100 m),

MU: Monumento Urbanístico y Valoración Social

Cuadro 9. Factores básicos de valoración de árboles urbanos NADF-001-RNAT-2006

No.	FACTORES	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	CALIFICA- CIÓN
		1	2	3	4	
1	Altura del árbol (m)	Hasta 5	Mediano de 5.01 a 10	Grande de 10.01 a 15	Muy grande más de 15	
2	Diámetro del tronco DAP (cm)	5-15	15.1-20	20.1-40	Mayor a 40	
3	Estructura	Irrecuperable	Susceptible a mejora	Buena	Especial mente Buena	
4	Estado general del árbol y servicios ambientales	Desahuciado	En declive	En estado aceptable	Sano y vigoroso	
5	Expectativa de vida útil	Hasta 5 años	6 a 40 años	41 a 100 años	Más de 100 años	
6	Presencia de otros árboles por unidad de superficie (Ha.) o longitud (100 m)	Más de 50	20 a 50	2 a 19	Ningún otro	
7	Monumento urbanístico y valoración social	Ninguno	Valoración social	Monumento urbanístico	ambos	

Fuente: Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2006

Los siete factores son evaluados con base a los estándares mostrados en el cuadro 9, cada factor puede tener cuatro puntajes diferentes de acuerdo con las características del árbol, por lo cual, un árbol puede tener un puntaje mínimo de siete puntos y un máximo de veintiocho puntos. Posteriormente este puntaje es transformado a un valor monetario con respecto al cuadro de equivalencia (cuadro 10).

Cuadro 10. Valores de posibles de árboles de acuerdo con la NADF-001-RNAT-2006

RESTITUCIÓN ECONOMICA				
PUNTAJE DE VALORACIÓN	VALORACIÓN SUMINISTRO DE PLANTA (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	PLANTACIÓN (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	MANTENIMIENTO POR UN AÑO (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	TOTAL, A RESTITUIR EN DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS
DE 7 A 12 PUNTOS	19	10	21	50
DE 13 A 18 PUNTOS	35	24	21	80
DE 19 A 24 PUNTOS	71	35	24	130
DE 25 A 28 PUNTOS	85	52	43	180

Fuente: Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2006

2.4.1.3.2. La Norma Ambiental para el Distrito Federal 2012 (NADF-001-RNAT-2012)

La NADF-001-RNAT-2012, que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las personas físicas, morales de carácter público o privado, autoridades, y en general todos aquellos que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el Distrito Federal, fue publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 14 de febrero del 2014, a treinta días de su publicación sustituye a la NADF-001-RNAT-2006 por lo cual ahora los

lineamientos para la valoración de arbolado en caso de derribo en la Ciudad de México se rigen por dicha norma.

La norma al igual que la anterior realiza una evaluación de siete factores (Cuadro 11.): los cuales de acuerdo con características del ejemplar se van asignando puntajes de 1 a 4, entonces el puntaje de valoración esta dado por la siguiente fórmula (GDF, 2014)

NADF-001-RNAT-20012=Puntaje de Valoración (éste se transforma por un equivalente en dinero)

Puntaje de Valoración =AA+DT+ES+EG+EV+ PA+ MU

Donde:

AA: Altura del Árbol,

DT: Diámetro del Tronco en cm a 1.30 m desde el suelo,

ES: Estructura,

EG: Estado General,

EV: Expectativa de Vida útil y generación de servicios ambientales I,

PA: Presencia de otros Árboles por Unidad de Superficie (Ha.) o longitud (100 m),

MU: Monumento Urbanístico y Valoración Social,

Cuadro 11. Factores básicos de valoración de árboles urbanos NADF-001-RNAT-2012

No.	FACTORES	PUNTAJE 1	PUNTAJE 2	PUNTAJE 3	PUNTAJE 4	CALIFICA- CIÓN
1	Altura del árbol (m)	Hasta 5	Mediano de 5.01 a 10	Grande de 10.01 a 15	Muy grande más de 15	
2	Diámetro del tronco en cm a 1.30 m desde el suelo	5-15	15.1-20	20.1-40	Mayor a 40	
3	Estructura	Irrecuperable	Susceptible a mejora	Buena	Muy buena	
4	Estado general del árbol	Declinante severo	Declive incipiente	Bueno	Muy bueno	
5	Expectativa de vida útil y generación de servicios ambientales	Hasta 5 años	6 a 20 años	21 a 40 años	Más de 40 años	
	Presencia de otros árboles por unidad de longitud (100 m), a partir de su retiro	Más de 30	20 a 30	5 a 19	Menos de 5	
6	Presencia de otros árboles por unidad de superficie (ha) a partir de su retiro	Más de 300	200 a 300	51 a 199	50 o menos	
7	Monumento urbanístico y valoración social	Ninguno	Uno o dos de los valores	Tres de los valores	Cuatro de los valores	

Fuente: Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2014

Los siete factores son evaluados con base a los estándares mostrados en el cuadro 11, cada factor puede tener cuatro puntajes diferentes de acuerdo con las características del árbol, por lo cual, un árbol puede tener un puntaje mínimo

de siete puntos y un máximo de veintiocho puntos. Posteriormente este puntaje es transformado a un valor monetario con respecto al cuadro de equivalencia (cuadro 12).

Cuadro 12. Valores de posibles de árboles de acuerdo con la NADF-001-RNAT-2012

PUNTAJE DE VALORACIÓN	VALORACIÓN SUMINISTRO DE PLANTA (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	PLANTACIÓN (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	MANTENIMIENTO POR UN AÑO (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	TOTAL A RESTITUIR EN DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS
DE 7 A 12 PUNTOS	19	10	21	50
DE 13 A 18 PUNTOS	35	24	21	80
DE 19 A 24 PUNTOS	71	35	24	130
DE 25 A 28 PUNTOS	85	52	43	180

Fuente: Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2014

2.4.1.3.3. La Norma Ambiental para el Distrito Federal 2015 (NADF-001-RNAT-2015)

La NADF-001-RNAT-2015, que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las personas físicas, morales de carácter público o privado, autoridades, y en general todos aquellos que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el distrito federal (ahora Ciudad de México)., fue publicada en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el 1 de abril del 2016, la cual sustituye a la NADF-001-RNAT-2012 por lo cual ahora los lineamientos para la valoración de arbolado en caso de derribo en la Ciudad de México se rigen por dicha norma (Gobierno de la Ciudad de México, 2016)

La norma al igual que las anteriores realiza una evaluación de siete factores: Altura del árbol, Diámetro del tronco en cm a 1.30 m desde el suelo, Estructura, Estado general del árbol, Expectativa de Vida útil y generación de servicios ambientales, presencia de otros árboles por unidad de longitud (100 m), a partir de su retiro o presencia de otros árboles por unidad de superficie (Ha) a partir de su retiro y Otros valores: Estético, científico, histórico, sociocultural. (Cuadro 3) Estos factores son los mismos que la NADF-001-RNAT-2012, así como los criterios para asignar puntajes, a excepción segundo factor (diámetro) en el puntaje dos pasa de 15.1-20 y 20.1-40 en el puntaje tres (en la NADF-001-RNAT-2012) a 15.1-25 en el puntaje dos y 25.1-40 en el puntaje tres (en la NADF-001-RNAT-2015). Lo cual no se traduce como un gran cambio para el puntaje. La norma al igual que las dos anteriores realiza una evaluación de siete factores (Cuadro 9.): los cuales de acuerdo con características del ejemplar se van asignando puntajes de 1 a 4, entonces el puntaje de valoración esta dado por la siguiente fórmula:

$NADF-001-RNAT-2015 = \text{Puntaje de Valoración} = AA + DT + ES + EG + EV + PA + MU$

Donde:

AA: Altura del Árbol,

DT: Diámetro del tronco en cm a 1.30 m desde el suelo,

ES: Estructura,

EG: Estado General,

EV: Expectativa de Vida útil y generación de servicios ambientales

PA: Presencia de otros Árboles por Unidad de Superficie (Ha.) o longitud (100 m),

MU: Monumento Urbanístico y Valoración Social,

Cuadro 13. Factores básicos de valoración de árboles urbanos NADF-001-RNAT-2015

No.	FACTORES	PUNTAJE 1	PUNTAJE 2	PUNTAJE 3	PUNTAJE 4	CALIFICA- CIÓN
1	Altura del árbol (m)	Hasta 5	Mediano de 5.01 a 10	Grande de 10.01 a 15	Muy grande más de 15	
2	Diámetro del tronco en cm a 1.30 m desde el suelo	5-15	15.1-25	25.1-40	Mayor a 40	
3	Estructura	Irrecuperable	Susceptible a mejora	Buena	Muy buena	
4	Estado general del árbol	Declinante severo	Declive incipiente	Bueno	Muy bueno	
5	Expectativa de vida útil y generación de servicios ambientales	Hasta 5 años	6 a 20 años	21 a 40 años	Más de 40 años	
	Presencia de otros árboles por unidad de longitud (100 m), a partir de su retiro	Más de 30	20 a 30	5 a 19	Menos de 5	
6	Presencia de otros árboles por unidad de superficie (ha) a partir de su retiro	Más de 300	200 a 300	51 a 199	50 o menos	
7	Otros valores: Estético, científico, histórico, sociocultural	Ninguno	Uno o dos de los valores	Tres de los valores	Cuatro de los valores	

Fuente: Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2016

Los siete factores son evaluados con base a los estándares mostrados en el cuadro 13, cada factor puede tener cuatro puntajes diferentes de acuerdo con las características del árbol, por lo cual, un árbol puede tener un puntaje mínimo

de siete puntos y un máximo de veintiocho puntos. Posteriormente este puntaje es transformado a un valor monetario con respecto al cuadro de equivalencia (cuadro 14).

Cuadro 14. Valores de posibles de árboles de acuerdo con la NADF-001-RNAT-2015

PUNTAJE DE VALORACIÓN	VALORACIÓN SUMINISTRO DE PLANTA (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	PLANTACIÓN (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	MANTENIMIENTO POR UN AÑO (DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS)	TOTAL A RESTITUIR EN DÍAS DE SALARIOS MÍNIMOS
DE 7 A 12 PUNTOS	120	50	60	230
DE 13 A 18 PUNTOS	292	121	146	559
DE 19 A 24 PUNTOS	686	286	342	1314
DE 25 A 28 PUNTOS	1921	800	960	3681

Fuente: Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2016

Actualmente, ya que el valor del salario mínimo es de \$80.04 pesos en la ciudad de México para el pago de multas, impuestos, tramites gubernamentales y prestaciones en veces denominadas salarios mínimos, el gobierno lo ha sustituido por la UMA (Unidad Media de Actualización) que es una referencia económica ligada a la inflación, para determinar dichos pagos, actualmente el valor de la UMA es de \$75.49 pesos diarios (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

Cuadro 15. Diferencia entre los valores propuestos por NADF-001-RNAT-2006, 2012 y 2015

Dictamen	NADF-001-RNAT-2006	NADF-001-RNAT-2012	NADF-001-RNAT-2012
7-12 puntos	50 UMA=\$3,774.5	50 UMA=\$3,774.5	230 UMA=\$17,362.7
13-18 puntos	80 UMA=\$6,039	80 UMA=\$6,039	559UMA=\$42,198.91
19-24 puntos	130 UMA=\$9,813.7	130 UMA=\$9,813.7	1314 UMA=\$99,193.86
25-28 puntos	180 UMA=\$13588.2	180 UMA=\$13588.2	3681UMA=\$277,878.69

Fuente: Elaboración propia

2.5. Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México.

En el marco de la planeación territorial estratégica, una región, es un espacio sub-estatal, que se integra por un conjunto de municipios, que se vincula geográficamente y tienen conectividad e interacción entre sí a través del intercambio económico y social, lo que se da mayormente por la afinidad de sus características territoriales y por la infraestructura que lo facilitan. El estado de México se divide en dieciséis regiones, donde los municipios de Atizapán de Zaragoza junto con Tlalnepantla de Baz conforman la región doce.

Dada la complejidad urbanística de la zona metropolitana, la ciudad de México y el estado de México, la división regional es importante para la gestión de las unidades territoriales, ya que permite priorizar las vocaciones y potencial productivo las demandas sociales, las necesidades de localización, el ordenamiento territorial y los retos que impone la visión sustentable del ambiente de cada región. En este sentido, las propuestas regionales podrán integrarse al nivel de la planeación estatal para retomar las necesidades municipales, emprender actividades y tomar decisiones de la política pública, que permita traducir el conocimiento de la problemática y potencialidades su

territorio, en instrumentos de acción pública (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

2.5.1. Ubicación de la región XII

Se localiza la parte noreste-centro del estado de México, registrando las siguientes coordenadas: al norte 19° 37', al sur 19° 30' de latitud norte; al este 99° 12', al oeste de 90 y no de grados 22 minutos de longitud oeste. La región colinda al norte con los municipios de Nicolás romero y Cuautitlán Izcalli, al sur con Naucalpan de Juárez, al poniente limita con los municipios Isidro Fabela y Jilotzingo, y al oriente con la Ciudad de México.

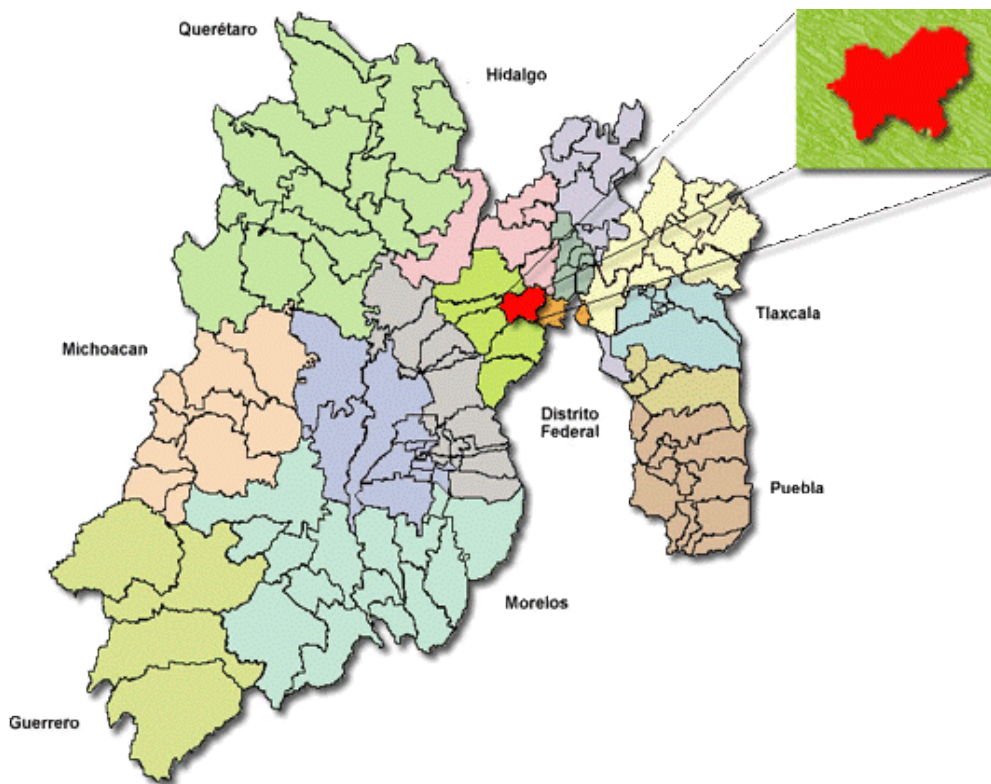


Figura 1: Ubicación del municipio Atizapán de Zaragoza en el estado de México (Gobierno Federal, 2013).

2.5.2. Municipio de Atizapán

Colinda al norte con los municipios de Nicolás romero, Cuautitlán Izcalli y Tlalnepantla de Baz; al este con el municipio de Tlalnepantla de Baz; al sur con los municipios de Tlalnepantla de Baz y Naucalpan de Juárez; al oeste con los municipios de Naucalpan de Juárez, Jilotzingo, Isidro Fabela y Nicolás romero (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

2.5.3. Clima

De acuerdo con la estación meteorológica No. 15047 “Las arboledas” el clima predominante es de tipo templado subhúmedo, donde la temperatura promedio es de 16°C, la mínima de 3.7°C la cual se registra en los meses de diciembre, enero y febrero), en contraste, la máxima que se alcanza en verano es de 27 °C la (en los meses más cálidos que son de mayo a julio). La precipitación media anual es de 805.5 mm con lluvias de junio a setiembre. Por el volumen de precipitación pluvial que se capta existe el riesgo de posibles inundaciones sobre todo en las partes bajas del municipio. Las colonias que se consideran susceptibles de inundación de acuerdo con los datos proporcionados por la dirección de protección civil son: San José el jaral, Cardín es de Atizapán y Calacoaya.

2.5.4. Población

De acuerdo con el censo de población y vivienda 2010 del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) el municipio de Atizapán de Zaragoza tiene una población total de 489,160 habitantes. La encuesta Intercensal 2015 da un total de 523,296 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017). Ciudad López Mateos es la cabecera municipal de Atizapán de Zaragoza, se llama así en honor al expresidente mexicano Adolfo López Mateos. Se localizan las coordenadas 19° 33'40" N y 99° 14' 49" O, a una altura media de 2283 metros sobre el nivel del mar (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

2.6. Literatura citada

- AEPJP (Asociación Española de Parque y Jardines Públicos, ES). 2007. *Norma Granada. Método para valoración de árboles y arbustos ornamentales*. (3ra Ed). Madrid. España: Mundi-Prensa.
- Aguilera, D. U. (2006). El valor económico del medio ambiente. *Ecosistemas*, 15(2), 66–71. Retrieved from http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=418&Id_Categoria=1&tipo=portada%5Cnhttp://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=418&am;Id_Categoria=2&tipo=portada
- Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). COOL SURFACES AND SHADE TREES TO REDUCE ENERGY USE AND IMPROVE AIR QUALITY IN URBAN AREAS. *Solar Energy*, 70(3), 295–310.
- Banxico. (2017). Cotización de las divisas que conforman la canasta del DEG y del DEG respecto al Peso mexicano. Retrieved October 9, 2017, from <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF307>
- Bartens, J., Day, S. D., Harris, J. R., Wynn, T. M., & Dove, J. E. (2009). Transpiration and Root Development of Urban Trees in Structural Soil Stormwater Reservoirs. *Environmental Management*, 44, 646–657. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9366-9>
- Caballer, V. (1999). *Valoración de Árboles*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Contato-Carol, M. L., Ayuga-Téllez, 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(3), 341–352.
- CTLA. (2000). *Guide for Plant Appraisal*. (9th Ed). Champaign, IL.: International Society of Arboriculture
- Cullen, S. (2002). Tree appraisal: can depreciation factors be rated greater than 100%. *Journal of Arboriculture*. *Journal of Arboriculture*, 28-(3), 153–158.
- Cullen, S. (2007). Putting a Value on Trees – CtlA Guidance and Methods. *Arboricultural Journal*, 30, 21–43. <https://doi.org/10.1080/03071375.2007.9747474>
- Dwyer, J. F., Mc Pherson, E. G., Schroeder, H., & Rowntree, R. (1992). Assessing the benefits and costs of the urban forest. *Journal of Arboriculture*, 18, 227–234.
- Dwyer, J. F., Nowakz, D. J., & Noble, M. H. (2003). SUSTAINING URBAN

FORESTS. *Journal of Arboriculture*, 29(1), 49–55.

Figueroa, J. R. (2005). Valoración de la biodiversidad: perspectiva de la economía ambiental y la economía ecológica. *Interciencia*, 30, 103–107.

García, de la F. L., & Colina, V. A. (2004). Métodos directos e indirectos en la valoración económica de bienes ambientales. Aplicación al valor de uso recreativo del Parque Natural de Somiedo. *Estudios de Economía Aplicada*, 22(3), 811–838.

Gobierno del Distrito Federal. 2006. Norma Ambiental NADF-001- RNAT-2006. Gaceta Oficial del Distrito Federal, pp. 127- 156, México. Retrieved from <http://www.paot.org.mx/centro/normas/NADF-001-RNAT-2006.pdf>

Gobierno del Distrito Federal. 2014. Norma Ambiental NADF-001- RNAT-2012. Gaceta Oficial del Distrito Federal, pp. 33- 64, México. Retrieved from <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito Federal/wo91650.pdf>

Gobierno del Distrito Federal (ahora Ciudad de México). 2016 Norma Ambiental NADF-001- RNAT-2015. Gaceta Oficial del Distrito Federal, pp 8- 41, México. Retrieved from http://www.tlalpan.gob.mx/convocatorias/DF-N-NADF-001-RNAT-2016_04.pdf

Gobierno Federal. (2013). ACUERDO DEL CONSEJO GENERAL DEL INSTITUTO FEDERAL ELECTORAL, POR EL QUE SE APRUEBA LA MODIFICACION DE LA CARTOGRAFIA ELECTORAL RESPECTO DE LOS LIMITES TERRITORIALES ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ATIZAPAN DE ZARAGOZA E ISIDRO FABELA, ESTADO DE MEXICO. Retrieved January 15, 2018, from http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=529464

Hegedüs, A., Gaál, M., & Bérces, R. (2011). Tree appraisal methods and their application - First results in one of Budapest's districts. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), 411–423. Tree appraisal methods and their application - First results. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), 411–423.

Heisler, G. . (1990). Mean wind speed below building height in residential neighborhoods with different tree densities. *ASHRAE Transactions*, 96(1), 1389–1396.

Helliwell, R. (2008). *AMENITY VALUATION OF TREES AND WOODLANDS: The Helliwell System 2008*. (4th Ed.). Romsey, Hampshire,

England.: Arboricultural Association.

Herruzo, C. A. (2002). Fundamentos y métodos para la valoración de bienes ambientales. In *Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural* (pp. 1–13).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). (2017). Unidad de Medida y Actualización (UMA). Retrieved May 18, 2017, from <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/uma/>

Lomas, P., Martín, B., Louit, C., Montoya, D., & Montes, C. (2005). Guía Práctica Para La Valoración Económica De Los Bienes Y Servicios Ambientales De Los Ecosistemas, (1), 78.

Machín, H. M. M., & Casas, V. M. (2006). Valoración económica de los recursos naturales: Perspectiva a través de los diferentes enfoques de mercado. *Revista Futuros*, 4(13), 1–9.

Medina, I. M. de J., & Prieto, R. A. (2004). El método de los indicadores : un nuevo método de valoración ambiental para ecosistemas urbanos, 121–138.

Melrose, J., Perroy, R., & Careas, S. (2015). Valoración económica del arbolado urbano en Chile: comparación de resultados usando fórmulas municipales y método CTLA. In *6° CONGRESO DORESTAL ESPAÑOL* (Vol. 1, pp. 1–12). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1983). *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. (S. Allen & P. Friedlander, Eds.) (Fourth Pri). N.W., Washington, D.C.: Resources for the Future.

Moore, G. (1991). Amenity tree evaluation: A revised method. *The Scientific Management of Plants in the Urban* Retrieved from <http://www.arborcad.com/wp-content/uploads/2011/08/Arborcad-Revised-Burnley-Method-of-Tree-Valuation.pdf>

Nowak, D. J., Dwyer, J. F., & Childs, G. (1997). Los beneficios y costos del enverdecimiento. In Banco Interamericano de Desarrollo (Ed.), *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe* (1st ed., pp. 17–38). México.

Nowak, D. J., Hoehn, R. E., Bodine, A. R., Greenfield, E. J., & O'Neil-Dunne, J. (2013). Urban forest structure, ecosystem services and change in Syracuse, NY. *Urban Ecosyst, on line*, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0326-z>

Nowak, J., Noble, F. D. M. H., & Sisinni, M. (2001). Urban Areas. *Journal of Forestry*, 99(3), 37–42.

- Orue, A. I. (2012). *Valoración económica del parque Doña Casilda Iturrizar*. Universidad Pública de Navarra. Retrieved from <http://academica-e.unavarra.es/handle/2454/5849>
- Pearce, D., & Turner, R. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. New York , and London : Hervester – Wheatsheaf. Randall. Retrieved from <http://www.les1.man.ac.uk/ses/Courses/3252.pdf>.
- Piedrahita, P., & Ponce, M. (2007). Value of Urban Trees : Formulae Used in Chilean. *Agro Sur*, 35(2), 15–17.
- Ponce-donoso, M. (2015). Urban trees appraisal , comparison of formulas, 48(2), 195–208.
- Ponce-Donoso, M., & Vallejos-Barra, Ó. (2016). Valoración de árboles urbanos, comparación de fórmulas. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2), 195–208.
- Ponce-donoso, M., Vallejos-barra, Ó., & Daniluk-mosquera, G. (2012). Comparación de fórmulas chilenas e internacionales para valorar el arbolado urbano Comparison of Chilean and foreign formulae for urban tree appraisal. *BOSQUE*, 33(1), 69–81. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002012000100008>
- Ponce Donoso, M., & Piedrahita, P. (2009). Valoración económica del arbolado urbano en 28 comunas de Chile. *Revista de Ciencias Forestales–Quebracho*, 17(1,2), 88–100.
- Purcell, L. (2012). Tree Appraisal. *Purdue Extension. Forestry & Natural Resources FNR-473-W*, 12.
- Sajuro, R. E. (2001). *Valoración Económica de Servicios Ambientales Prestados por Ecosistemas : Humedales en México Enrique Sajurjo Rivera*. México.
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., & Williams, J. (1998). *Manejo de las áreas verdes urbanas*. División de MedioAmbiente del Departamento de Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo. Retrieved from <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2010/07148es.pdf>
- Tomasini, D. (2008). Valoración económica del ambiente. *Agrosistemas: Impacto Ambiental Y Sustentabilidad*.
- Torres, R. J. M., & Guevara, S. A. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *GACETA ECOLÓGICA*, 63, 40–59.
- Ulrich, R. . (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science.*, 224, 420–421.

Vidal, F. (2012). La valoración de arbolado en España. Una revisión. *Economía Agraria Y Recursos Naturales.*, 12(1), 115–140.
<https://doi.org/10.7201/earn.2012.01.05.1>

Watson, G. (2001). A STUDY OF CTLA FORMULA VALUES, *Journal of Arboriculture.* 27(6), 289-297

289–297.

Watson, G. (2002). COMPARING FORMULA METHODS OF TREE, *Journal of Arboriculture.* 28(1)11–18.

3. VALORACIÓN DE ARBOLES URBANOS DEL CORREDOR PASEO DE LOS GIGANTES, ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, MÉXICO.

3.1. RESUMEN

La valoración del arbolado urbano es un tema que en distintas partes del mundo ha sido abordado mediante la aplicación de fórmulas que consideran el conjunto de atributos de los árboles. En México la valoración del arbolado urbano ha continuado con esa tradición, aunque también presenta algunas características específicas. El objetivo de este estudio fue aplicar tres de los métodos de valoración más conocidos en el mundo, y comparar sus resultados con las valoraciones obtenidas mediante los tres métodos que se han utilizado en la Ciudad de México. El estudio se realizó en el corredor Paseo de los Gigantes ubicado en el municipio de Atizapán de Zaragoza, en dicho corredor se seleccionó una muestra de 15 árboles a los que se aplicaron los seis diferentes métodos de valoración. Los resultados fueron analizados utilizando análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples de medias de rangos para esta prueba. De este análisis se concluyó que existen diferencias estadísticamente significativas y los métodos se conformaron en tres grupos homogéneos, con una confiabilidad del 99%. Los valores totales más altos se obtuvieron con los métodos Helliwell y Burnley y los valores más bajos fueron obtenidos por las normas NADF-001-RNAT-2006 y NADF-001-RNAT-2012 practicadas por el gobierno de la Ciudad de México, sin embargo, los grupos homogéneos quedaron de la siguiente manera: Helliwell y NADF-001-RNAT-2015; TFM y Burnley; y NADF-001-RNAT-2006 y NADF-001-RNAT-2012.

Palabras clave: Valoración de árboles urbanos, fórmulas internacionales, análisis no paramétrico.

URBAN TREES APPRAISAL OF THE CORRIDOR PASEO DE LOS GIGANTES, ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, MEXICO.

3.2. ABSTRACT

The appraisal of urban trees is an issue that in different parts of the world has been addressed by the application of formulas that consider a number of attributes of trees. In Mexico, the valuation of the urban trees has continued with that tradition, however it also presents some specific characteristics. The aim of this study was to apply three of the best-known methods of valuation in the world, and to compare their results with those obtained using the three methods that have been used in Mexico City. The study was conducted in the Paseo de los Gigantes corridor located in the municipality of Atizapán de Zaragoza, a sample of 15 trees was selected and the six different valuation methods mentioned above were applied. The results were analyzed with Kruskal-Wallis non-parametric analysis of variance and multiple comparisons of range means for this test. The analysis showed that there are statistically significant differences and the methods were formed in three homogeneous groups, with a confidence of 99%. The highest total values were obtained with the methods NADF-001-RNAT-2006 and NADF-001-RNAT-2012 which are applied by the government of Mexico City, however, the homogeneous groups are grouped as follows: Helliwell and NADF-001-RNAT-2015; TFM and Burnley; and NADF-001-RNAT-2006 and NADF-001-RNAT-2012.

Keywords: Urban tree appraisal, international formulas, nonparametric analysis

3.3. INTRODUCCIÓN

Actualmente el acelerado crecimiento de la población se ve reflejado en contaminación, desaparición de especies y cambio climático entre otros problemas. Los espacios verdes arbolados en las ciudades ayudan a combatir estos problemas, tienen múltiples beneficios como la regulación de la temperatura, filtración de agua, disminución de ruido, captura de carbono (CO₂) y recreación (Hegedüs et al., 2011).

De manera constante, las ciudades tienen la necesidad de realizar obras por distintas razones: crecimiento poblacional, construcción y remodelación de vías de comunicación, desarrollo residencial, etc. Con mucha frecuencia todas estas obras implican el derribo de árboles trayendo como consecuencia la disminución significativa de todos los beneficios recreativos y ambientales para la población.

Una de las respuestas de los gobiernos que administran las ciudades ha sido la implementación de un cobro por permitir el derribo de árboles, para lo cual se han utilizado distintas fórmulas con el propósito de estimar el valor a cobrar por el sacrificio de los árboles. Entre las fórmulas más utilizadas en estudios en el contexto internacional se encuentran: El Método de la Fórmula del Tronco (TFM) del Consejo de Tasadores de Árboles y Paisaje de los Estados Unidos; el método Bunrley, desarrollado por el Colegio Victoriano de Agricultura y Horticultura de Australia; el método de valoración de Amenidades Visuales de Árboles y Bosques de Gran Bretaña, conocido como Helliwell; la Norma Granada de la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos y el Método Estándar de Evaluación de Árboles Conocido como STEM de Nueva Zelanda (Hegedüs et al., 2011; Melorose et al., 2015; Ponce-donoso et al., 2012).

El objetivo de la presente investigación es analizar las fórmulas más importantes que se han estado aplicado a nivel internacional y comparar su aplicación con las que se han estado aplicando en México, específicamente en la Ciudad de México, donde para tal efecto se han aplicado las normas NADF-

001-RNAT-2006, NADF-001-RNAT-2012 y NADF-001-RNAT-2015. La investigación se realizó en el corredor denominado “Paseo de los Gigantes” ubicado en el municipio de Atizapán de Zaragoza, estado de México, México.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el corredor Paseo de los Gigantes ubicado en el municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México. El corredor posee una superficie de 2.46 Ha y una población estimada de 1824 árboles.

Se realizó una revisión sobre los métodos para la valoración de árboles utilizados en el mundo, de la cual, en el presente estudio se decidió aplicar las siguientes fórmulas: TFM del CTLA, Helliwell y Burnley. Asimismo, se aplicaron las fórmulas establecidas por el gobierno de la Ciudad de México, estas son NADF-001-RNAT-2006, NADF-001-RNAT-2012 y NADF-001-RNAT-2015. Con el propósito de observar diferencias o similitudes entre los métodos, se tomó una muestra de los 15 árboles, misma que incluyó los de las especies más abundantes en dicho corredor.

Tomando como referencia los trabajos de Watson (2002); Contato-Carol, Ayuga-Téllez, & Grande-Ortiz, (2008); y Ponce-donoso, Vallejos-barra, & Daniluk-mosquera, (2012) la muestra seleccionada es de tamaño suficiente para observar diferencias entre los métodos.

En los meses de diciembre de 2016 y enero 2017 se registraron diversas variables: la especie, estado sanitario y daños o lesiones del ejemplar, de igual forma se midieron tres variables dendrométricas definidas como: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura y perímetro del dosel.

Posteriormente, durante marzo de 2017 se procedió a revisar diversos aspectos relacionados con variables económicas de la literatura sobre el tema utilizadas en algunos métodos de valoración. Dentro de esto se incluyeron las siguientes variables: precios de venta (por mayoreo, por unidad vendida, etcétera) en tres

viveros próximos al área estudiada; costos actuales de mantenimiento anual; y costos de traslado de árboles.

A la muestra se aplicaron las tres fórmulas internacionales TFM del CTLA, Helliwell y Burnley así como las correspondientes a las normas NADF-001-RNAT-2006, NADF-001-RNAT-2012 y NADF-001-RNAT-2015. Hasta el año 2017 México no se encontraba asociado como capítulo (región) a la ISA (International Society of Arboricultura), por lo cual al aplicar el método TFM se calculó el índice de especie, ya que aún no existe para las regiones del país, tomando en cuenta las características de las diferentes especies evaluadas, propuesto por Rivas (2009), (Cuadro 16).

Cuadro 16. Características para calcular la calificación de especie usada en la fórmula TFM (Rivas, 2009)

Característica	Excelente	Bueno	Medio	Bajo	Pobre
Rango	1.0 - 0.9	0.9 - 0.7	0.7 - 0.4	0.4 - 0.2	0.2 - 0
Clase de especie	100	80	60	30	10
Valor para usar en la fórmula	1	0.8	0.6	0.3	0.1
1 Resistencia plagas y enfermedades					
2 Longevidad (excelente >50 años)					
3 Valor estético					
4 Resistencia estructural					
5 Valor ecológico: protección agua, clima, suelo, fauna, flora					
6 Valor ambiental: amortiguación ruido, luz, polvo, contaminación, malos olores, vistas desagradables					
7 Resistencia heladas					
8 Adaptación suelos (salinos, pesados, someros, pobres)					
9 Otro					
SUBTOTAL					
Puntuación (media ítems considerados)					

Para la comparación de las diferentes fórmulas se estimó el promedio de los valores obtenidos en cada una de ellas, así como el monto total del valor de los 15 árboles. Ya que los métodos de valoración usados presentan grandes variaciones debido a que algunos usan escalas nominales u ordinales y otros están en función de algunos factores determinantes (altura, diámetro y diámetro del dosel), se realizó un análisis de varianza no paramétrica de Kruskal–Wallis propuesto por Conover (1999), para determinar diferencias estadísticamente significativas. Este tipo de análisis ha sido realizado anteriormente en trabajos similares por Ponce-Donoso, Vallejos-barra, & Daniluk-mosquera (2012); Ponce-donoso (2015); y Ponce-Donoso & Vallejos-Barra (2016).

Análisis Estadístico

En el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal–Wallis, los resultados de las valoraciones son llevadas a un ranking, en un ordenamiento ascendente de los datos, es decir, 1 corresponde a la menor valoración y el número 90 a la mayor, entre estos valores se ordena las valoraciones intermedias. Este test calcula el estadístico H a partir de la fórmula (Castillo,2007).

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left[\sum_{i=1}^t \frac{R_i^2}{r_i} \right] - 3(N + 1) \quad i = 1, 2, 3, \dots, t$$

N= Número total de datos en el experimento

R_i= suma de los rangos de los Datos que pertenecen al i-ésimo tratamiento

r_i= Número de repeticiones para el i-ésimo tratamiento

En caso de haber ligaduras (Valores repetidos) la fórmula se corrige dividiendo la anterior

$$H = \frac{\left(\frac{12}{N(N+1)} \left[\sum_{i=1}^t \frac{R_i^2}{r_i} \right] - 3(N + 1) \right)}{1 - \frac{\sum_{i=1}^g (t_i^3 - t_i)}{N^3 - N}}$$

g=numero de grupos de ligaduras

t_i= el total de orden ligados en el i-ésimo grupo

Las hipótesis que se prueban son:

H0: $T_1=T_2=T_3=T_4=T_5=T_6$ (no existen diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas utilizadas).

Ha: Al menos un T_i tiene un efecto diferente a los demás (es decir, existen diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas).

La prueba de comparación múltiples para la prueba Kruskal-Wallis permite diferenciar entre los tratamientos y observar al que dará los valores más altos. Esta prueba de comparación de medias de rangos implica, al igual que la prueba de DMS, Tukey, Duncann y Scheffe, el cálculo de diferencias (D_k) (Castillo, 2007) para poder implementarla, obteniendo grupos homogéneos de los métodos utilizados.

Estadística de Prueba:

$$KW = [Z_{1-\alpha/t-(t-1)}] \sqrt{\frac{t(N+1)}{6}}$$

Donde:

N=Número total de datos en el Experimento

t=Número de tratamientos en el experimento

$Z_{1-\alpha/t-(t-1)}$ =Cuantil de la distribución normal estandar

Diferencias:

$$D_k = |R_i - R_j| \quad i=1,2,3,\dots,t \quad j=1,2,3,\dots,t \quad K=1,2,3,\dots,(t(t-1))/2 \quad i \neq j$$

R_i =Media de los rangos asignados a los datos que pertenecen al i -ésimo tratamiento.

R_j =Media de los rangos asignados a los datos que pertenecen al j -ésimo tratamiento.

Para el analisis estadísticos se utilizaron los programas R. versión 3.4.3 y excel 2017.

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 15 árboles seleccionados para efecto de aplicar las distintas fórmulas que aquí se analizan, presentan una serie de características diversas. De este modo, el árbol de mayor diámetro resultó ser de la especie *Eucalyptus globulus* Labill con un diámetro de 212.21 cm. El árbol de menor diámetro es un *Ficus benjamina* L. con 13.50 cm. El promedio en diámetro de los 15 árboles es de 68.21 cm (Cuadro 17).

Cuadro 17. Características de los 15 árboles utilizados para la comparación de fórmulas

N°	Especie	Diámetro (cm)	Altura (m)	Diámetro del dosel (m)	Condición %
1	<i>Acer negundo</i> L.	56.00	16.43	6.8	80
2	<i>Callitropsis sempervirens</i> L.	26.1	5.53	2.50	65
3	<i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq.	36.6	19.22	6.53	80
4	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	135.12	32.65	11.34	70
5	<i>Eucalyptus globulus</i>	212.21	48.24	16.32	65
6	<i>Fraxinus udehi</i> (wenz) Linngelsh.	159.73	26.30	12.52	80
7	<i>Ficus benjamina</i>	13.5	6.36	1.22	90
8	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	22.39	8.92	2.12	90
9	<i>Ficus nitida</i> L.F.	22.40	8.54	2.32	85
10	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R. Br.	28.7	17.97	3.4	90
11	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	47.32	14.38	8.77	85
12	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	86.40	7.34	6.49	70
13	<i>Liquidambar Stryraciflua</i> L.	23.60	6.65	3.65	80
14	<i>Salix mexicana</i> Seem.	74.64	10.87	8.55	40
15	<i>Schilus mole</i> L.	78.44	9.36	7.64	50

A continuación, se describen los valores de las variables y la estimación correspondiente a la aplicación de los seis métodos utilizados

Resultados del método TFM (CTLA)

Al aplicar el método TFM del CTLA, los valores obtenidos de cada árbol están determinados principalmente por el valor base y el tamaño del ejemplar, Watson (2001, 2002), menciona que estos factores son los principales para determinar el valor del árbol, el valor del árbol es proporcional a su tamaño, sin embargo, la calificación de las variables especie, condición y localización, pueden reducir este valor de manera importante.

Como ya se mencionó, el árbol de mayor diámetro fue *Eucalyptus globulus* de 2.12 m de diámetro, pero éste tiene una calificación de especie de 0.4 por lo cual su valor se reduce al 40%. Como resultado de las calificaciones de las otras variables (Condición y Localización), el valor termina finalmente siendo \$84,547.50. Por otra parte, el árbol *Fraxinus udehi*, con menores proporciones, tiene mejores calificaciones que el *Eucalyptus gobulus* y termina con un valor de \$280,178.7 el cuál corresponde al mayor valor alcanzado por este método. El menor valor alcanzado en este método pertenece a *Ficus benjamina* con un valor de \$1,600.0, aunque no es el de menor tamaño, el valor resultó bajo debido a su calificación en la Condición, ya que tiene un valor de 0.65. El valor promedio obtenido por este método es de \$49,055.65 y el valor total de los 15 árboles es \$735,834.60 (Cuadro 18).

Resultados del método Helliwell

El método Helliwell tiene una gran variación de valores para los árboles, esto debido principalmente a la variable tamaño del árbol, cuya área calculada se estima a partir de puntajes asignados con base a percepciones de distintos atributos. El árbol con el menor puntaje fue *Ficus benjamina* con 24 puntos y el árbol con el mayor puntaje fue *Eucalyptus globulus* con 288 puntos, como se observa, se registra una gran diferencia entre estos valores. De este modo, el

valor de *Ficus benjamina* queda en \$18,813.16 pesos, mientras que el valor de *Eucalyptus globulus* resulta en \$220,700.16 pesos.

Ponce-Donoso et al. (2012) y Watson (2002), mencionan que es posible obtener el mismo valor para diferentes árboles y que el factor principal en el valor de un árbol en este método es el tamaño, el promedio obtenido por este método es de \$96,862.85 pesos y el total por los 15 árboles es \$1, 452,942.72 pesos (Cuadro 18).

Resultados del Método Burnley

El método Burnley en diferentes estudios es considerado como el método que tiene la mayor variación de valores al ser comparado con diferentes métodos (Piedrahita & Ponce, 2007; Ponce-donoso et al., 2012; Watson, 2002), esto se debe a que el volumen es multiplicado por un valor base y luego ajustado por tres factores. El volumen es el factor determinante para el valor en este método, el árbol con el menor valor fue *Callitropsis sempervirens* con \$468 pesos y el árbol con mayor valor fue *Fraxinus udhei* con \$354,889.89. El promedio de las valoraciones realizadas fue de \$76,912.19 y el total de todos los arboles fue de \$1, 153,682.90(Cuadro 18).

Resultados de la NADF-001-RNAT-2006 y NADF-001-RNAT-2012

En la aplicación de esta fórmula se observa que 7 de los 15 árboles obtiene el mismo valor (\$9,813.70) esto obedece a que, como se explicó en el análisis de la fórmula, solo existen 4 valores posibles. De igual manera ocurrió con el valor de \$6,039.00, que fue asignado a otros 7 árboles. Finalmente, solo un árbol obtuvo el valor de \$3,754.50. Es importante señalar que las variantes entre la fórmula NADF-001-RNAT-2006 y la 2012 son en algunos casos meramente conceptuales, pero en su aplicación práctica generan exactamente los mismos resultados (Cuadro 18).

Resultados de la NADF-001-RNAT-2015

La única modificación incluida en la NADF-001-RNAT-2015, con respecto a las dos anteriores, es el aumento en la cantidad de salarios mínimos correspondientes a los puntajes asignados (convertidos a UMAS), esto dio como resultado una elevación sustancial en los valores finales estimados para cada árbol (Cuadro 18).

Cuadro 18. Estimaciones, en pesos, obtenidas por las distintas fórmulas para cada árbol valorado

Árbol	TFM	Helliwell	Burnley	2006	2012	20015
1	49,371.6	110,350.08	32,313.37	9,813.70	9,813.70	99,193.86
2	6,584.5	55,175.04	468.03	6,039	6,039	42,198.91
3	14,064.9	147,133.44	58,905.74	9,813.70	9,813.70	99,193.86
4	47,571.4	147,133.44	165,803.69	9,813.70	9,813.70	99,193.86
5	84,547.5	220,700.16	328,700.69	6,039	6,039	42,198.91
6	280,178.7	110,350.08	354,889.89	9,813.70	9,813.70	99,193.86
7	1,600.0	18,391.68	1,180.99	6,039	6,039	42,198.91
8	6,117.6	55,175.04	3,850.96	6,039	6,039	42,198.91
9	4,523.3	55,175.04	4,461.79	9,813.70	9,813.70	99,193.86
10	16,717.7	9,1958.4	39,359.97	9,813.70	9,813.70	99,193.86
11	24,077.1	9,1958.4	87,046.89	9,813.70	9,813.70	99,193.86
12	70,393.0	110,350.08	9,687.06	6,039	6,039	42,198.91
13	6,932.6	82,762.56	17,082.86	6,039	6,039	42,198.91
14	90,282.7	110,350.08	34,212.99	6,039	6,039	42,198.91
15	32,872.1	45,979.2	15,717.99	3,774.50	3,774.50	17,362.70
Total	735,834.6	1,452,942.72	1,153,682.90	114,743.4	114,743.4	1,007,112.09

Comparación de resultados de las fórmulas

Visto desde el conjunto de las fórmulas aplicadas, es notable que los valores más altos para los árboles son producidos por la fórmula Helliwell (Figura 2). Por otra parte, la fórmula que produce los segundos valores más altos es el

método Burnley. Los valores más bajos obtenidos corresponden a las NADF-001-RNAT-2006 y 2012. Entre las valoraciones de las fórmulas internacionales es el método CTLA (que en este trabajo llamamos TFM) es el que reporta los valores más bajos, tal como lo reporta la literatura en distintos estudios realizados (Watson 2002, Contato-Carol et al., 2008; Piedrahita & Ponce, 2007; Ponce-donoso et al., 2012) (Figura 2).

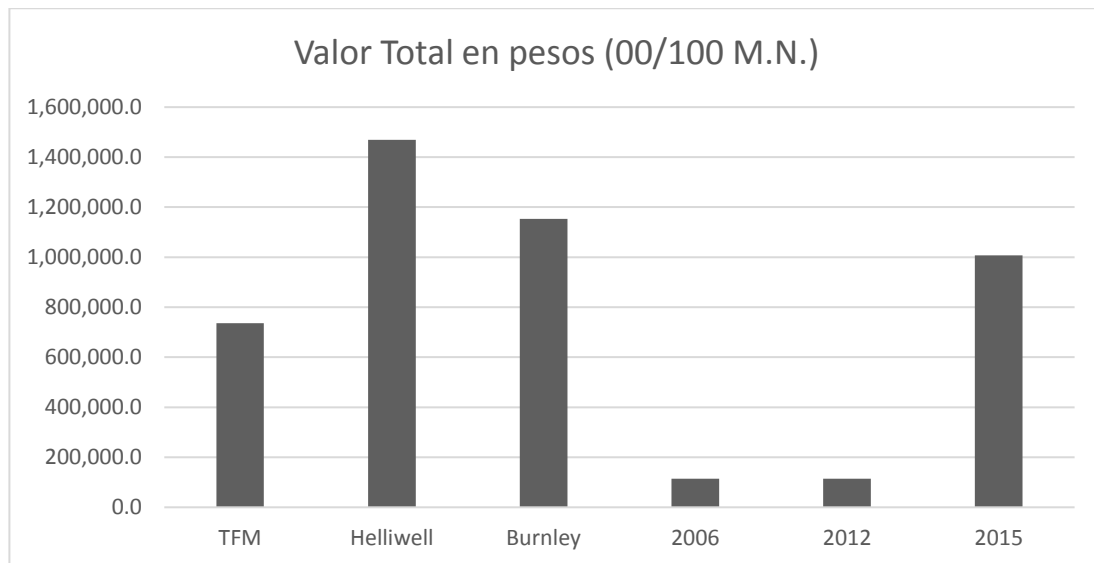


Figura 2. Valor total de los 15 árboles obtenido por los diferentes métodos

Se observa una gran diferencia entre los valores obtenidos por los distintos métodos, el método Helliwell es el que obtiene los valores más altos y esto puede deberse al factor de conversión monetario que fue aumentando con los años con respecto a otros estudios Ponce-Donoso et al en el año 2012 utilizó un factor de conversión equivalente a 21.2 libras esterlinas mientras para este estudio se utilizó un factor de 31.93 libras esterlinas lo cual en cada punto aumenta considerablemente su valor.

Así mismo los métodos que presentan una mayor variación en los valores son el método Burnley, ya que el valor menor es de 468.03 y el mayor es de 354,889.89, más de setecientas veces más grande éste último con respecto al más pequeño. El método que presenta el segundo lugar en desviación es el método Helliwell, seguido por la Fórmula TFM y La NADF-001-RNAT-2015, ésta

última es así debido a que la distancia entre los únicos tres valores obtenidos es amplia con respecto a su media. Las fórmulas que obtuvieron una menor desviación con respecto a la media fueron las NADF-001-RNAT-2006 y 2012, ya que los tres únicos valores obtenidos por estas dos fórmulas son pequeños con respecto a la media (Figura 3).

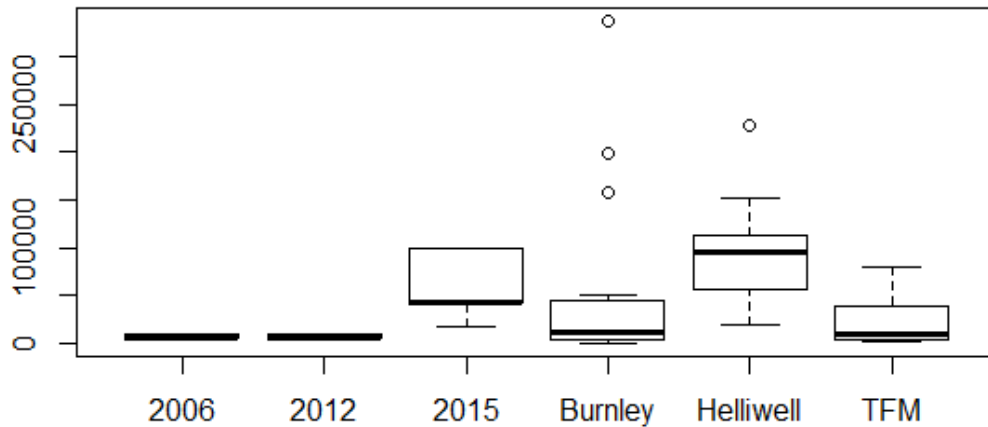


Figura 3. Histograma de la media y desviación de los valores obtenidos por las diferentes fórmulas utilizadas.

Otra forma de examinar las diferencias entre los métodos consiste en realizar un análisis de varianza no paramétrico. En este caso, al realizar dicho análisis, nos da un estadístico Chi-cuadrada con valor 45.86 y un valor calculado menor a 0.001. lo cual nos dice que existen diferencias significativas entre las fórmulas, con una confiabilidad del 99%.

Como complemento a lo anterior, posteriormente se realizó una prueba de comparación múltiple de rangos de medias donde se obtuvieron los promedios de ranking. Este análisis ratifica que la fórmula con el promedio de ranking más alto es la del método Helliwell con 72.40. Sin embargo, modifica la posición del orden de los valores mencionados anteriormente, quedando en segunda posición el método NADF-001-RNAT-2015 con 64.13 y seguida por un empate en promedio de la Burnley y TFM con 45.01. Por último, están la NADF-001-RNAT-2006 y 2012 (Cuadro 19).

Adicionalmente, la prueba nos dice con una confiabilidad del 99% que existen tres grupos homogéneos, es decir, las fórmulas que van a dar los valores más altos son Helliwell y NADF-001-RNAT-2015, las que darán un valor intermedio son Burnley y TFM y las que dan los valores más bajos es NADF-001-RNAT-2006 y NADF-001-RNAT-2012 (Cuadro 19).

Cuadro 19. Prueba de comparación múltiple de Duncan por ranking para fórmula

Fórmula	Promedio de Ranking	Grupos homogéneos
Helliwell	72.40	A
NADF-001-RNAT-2015	64.13	A
Burnley	45.01	B
TFM	45.01	B
NADF-001-RNAT-2006	23.17	C
NADF-001-RNAT-2006	23.17	C

3.6. CONCLUSIONES

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas analizadas, formando tres grupos homogéneos, por lo cual se rechaza la hipótesis nula sobre la no existencia de diferencias entre éstas.

Las fórmulas que darán los valores más altos en la valoración es el método Helliwell y NADF-001-RNAT-2015, las fórmulas con un valor intermedio son TFM y Burnley, por ultimo las fórmulas con valores más bajos son NADF-001-RNAT-2006 y NADF-001-RNAT-2012.

Las fórmulas que han sido utilizadas para la restitución económica en la Ciudad de México del año 2006 al 2016 (NADF-001-RNAT-2006 y 2012) tienen los valores más bajos con respecto a cualquier otra fórmula. Asimismo, en su aplicación los arboles con características muy diferentes respecto al tamaño pueden tener el mismo valor debido a que los topes de valor para estas fórmulas son muy pequeños. La valoración para los arboles grandes, en la

mayoría de los casos, termina siendo menor de lo que debería ser y entre más grande el árbol es más grande este error causado por el tope establecido. El uso estas normas en la ciudad de México permitió el derribo de árboles por razones no del todo justificadas, a un bajo precio, lo que contribuyó al derribo de árboles en cantidades considerables.

Refiriéndonos a las Normas Mexicanas, su aplicación no permite alcanzar los montos más altos en cada una de sus categorías. Esto se debe a que las condiciones requeridas para alcanzarlo terminan siendo extremadamente rigurosas.

Al analizar los resultados obtenidos en la aplicación del conjunto de las fórmulas, se puede decir que la aplicación de la NADF-001-RNAT-2015 puede resultar atractiva desde el punto vista de conservación del arbolado urbano de la Ciudad de México.

3.7. LITERATURA CITADA

- AEPJP (Asociación Española de Parque y Jardines Públicos, ES). 2007. *Norma Granada. Método para valoración de árboles y arbustos ornamentales*. (3^{ra} Ed). Madrid. España: Mundi-Prensa.
- Banxico. (2017). Cotización de las divisas que conforman la canasta del DEG y del DEG respecto al Peso mexicano. Retrieved October 9, 2017, from <http://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF307>
- Conover W. 1999. *Practical nonparametric statistics*. (3th Ed). New York, USA. John Wiley.
- Castillo M, L. E. (2007). *Introducción al SAS para Windows*. (U. A. Chapingo, Ed.) (3ra Ed). Chapingo, Méx.: Universidad Autónoma Chapingo.
- CTLA. (2000). *Guide for Plant Appraisal*. (9th Ed). Champaign, IL.: International Society of Arboriculture
- Contato-Carol, M. L., Ayuga-Téllez, 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(3), 341–352.
- Cullen, S. (2007). Putting a Value on Trees – CtlA Guidance and Methods. *Arboricultural Journal*, 30, 21–43. <https://doi.org/10.1080/03071375.2007.9747474>
- Gobierno del Distrito Federal. 2006. Norma Ambiental NADF-001- RNAT-2006. Gaceta Oficial del Distrito Federal, pp. 127- 156, México. Retrieved from <http://www.paot.org.mx/centro/normas/NADF-001-RNAT-2006.pdf>
- Gobierno del Distrito Federal. 2014. Norma Ambiental NADF-001- RNAT-2012. Gaceta Oficial del Distrito Federal, pp. 33- 64, México. Retrieved from <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatad/Distrito Federal/wo91650.pdf>
- Gobierno del Distrito Federal (ahora Ciudad de México). 2016 Norma Ambiental NADF-001- RNAT-2015. Gaceta Oficial del Distrito Federal, pp 8- 41, México. Retrieved from http://www.tlalpan.gob.mx/convocatorias/DF-NADF-001-RNAT-2016_04.pdf
- Helliwell, R. (2008). *AMENITY VALUATION OF TREES AND WOODLANDS: The Helliwell System 2008*. (4th Ed.). Romsey, Hampshire, England.: Arboricultural Association.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2017). Unidad de Medida y Actualización (UMA). Retrieved May 18, 2017, from <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/uma/>

- Moore, G. (1991). Amenity tree evaluation: A revised method. The Scientific Management of Plants in the Urban Retrieved from <http://www.arborcad.com/wp-content/uploads/2011/08/Arborcad-Revised-90Burnley-Method-of-Tree-Valuation.pdf>
- Piedrahita, P., & Ponce, M. (2007). Value of Urban Trees: Formulae Used in Chilean. *Agro Sur*, 35(2), 15–17.
- Ponce-Donoso, M. (2015). Urban trees appraisal, comparison of formulas, 48(2), 195–208.
- Ponce-Donoso, M., & Vallejos-Barra, Ó. (2016). Valoración de árboles urbanos, comparación de fórmulas. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2), 195–208.
- Ponce-donoso, M., Vallejos-barra, Ó., & Daniluk-mosquera, G. (2012). Comparación de fórmulas chilenas e internacionales para valorar el arbolado urbano. *BOSQUE*, 33(1), 69–81. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002012000100008>
- Rivas T., D. 2011. Valoración Económica de Árboles Urbanos.3 er encuentro nacional de silvicultura urbana. Medellín, Colombia.
- Watson, G. (2001). A STUDY OF CTLA FORMULA VALUES, *Journal of Arboriculture*. 27(6), 289-297
289–297.
- Watson, G. (2002). COMPARING FORMULA METHODS OF TREE, *Journal of Arboriculture*. 28(1)11–18.

4. APENDICES

Apéndice 1. Cálculo de las valoraciones obtenidas por el método TFM del CTLA. $TFM = ((AT \text{ o } ATA - ATr \times VB) + CR) \times CE \times CN \times CL$

Especie	Diámetro (cm)	Área del tronco (AT o ATA) (cm ²)	Área del tronco - ATr (cm ²)	Costo de remplazo (CR) \$	Valor base (VB) \$/cm ²	Calificación de especie(CE)	Calificación de condición (CN)	Calificación de Localización (CL)	Valor Pesos \$
<i>Acer negundo</i>	56.00	2,461.8	2,437.6	2,625.0	10.20	0.80	0.70	1.00	49,371.6
<i>Callitropsis sempervirens</i>	26.10	534.7	510.6	2,000.0	8.90	0.65	0.80	0.90	6,584.5
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	36.60	1,051.6	1,027.4	1,725.0	7.60	0.80	0.80	0.90	14,064.9
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	135.12	10,644.9	10,620.7	1,290.0	7.60	0.40	0.70	0.90	47,571.4
<i>Eucalyptus globulus</i>	212.21	15,242.9	15,218.7	1,440.0	7.00	0.40	0.70	1.00	84,547.5
<i>Fraxinus udehi</i>	159.73	12,545.4	12,521.2	2,900.0	7.00	0.80	0.70	1.00	280,178.7
<i>Ficus benjamina</i>	13.50	143.1	118.9	1,340.0	7.10	0.90	0.90	0.90	1,600.0
<i>Ficus elastica</i>	22.39	393.5	369.3	1,480.0	8.00	0.95	0.95	0.90	6,117.6
<i>Ficus nitida</i>	22.40	393.9	369.7	1,480.0	10.20	0.80	0.75	1.00	4,523.3
<i>Grevillea robusta</i>	28.70	646.6	622.4	2,400.0	7.60	0.95	0.95	0.90	16,717.7
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	47.32	1,757.8	1,733.6	2,000.0	8.90	0.80	0.70	0.90	24,077.1
<i>Ligustrum lucidum</i>	86.40	5,685.6	5,661.4	1,880.0	6.40	0.60	0.80	1.00	70,393.0
<i>Liquidambar Stryraciflua</i>	23.60	437.2	413.0	1,880.0	8.00	0.80	0.90	0.90	6,932.6
<i>Salix mexicana</i>	74.64	4,373.3	4,349.1	3,100.0	12.70	0.90	0.60	0.90	90,282.7
<i>Schilus mole</i>	78.44	4,724.2	4,700.0	1,880.00	6.40	0.60	0.50	0.9	32,872.1

Apéndice 2. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método Helliwell. Helliwell= TA* EV* IE* PA * ID*FO* MD

Especie	Diámetro del dosel (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Área (TA)	Puntajes							Valor libras	Valor Pesos
					Expectativa de vida (EV)	Importancia en el espacio (IE)	Presencia de otros árboles (PA)	Idoneidad (ID)	Forma (FO)	Puntaje final			
<i>Acer negundo</i>	6.8	16.43	111.72	6	2	4	0.5	3	2	144	4,597.92	110350.08	
<i>Callitropsis sempervirens</i>	2.50	5.53	13.82	2	2	4	0.5	3	2	48	1,532.64	55175.04	
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	6.53	19.22	106.28	6	2	4	0.5	3	2	144	4,597.92	110350.08	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	11.34	32.65	272.30	8	2	4	0.5	3	2	192	6,130.56	147133.44	
<i>Eucalyptus globulus</i>	16.32	48.24	449.60	8	3	4	0.5	3	2	288	9,195.84	220700.16	
<i>Fraxinus udehi</i>	12.52	26.30	145.18	6	2	4	0.5	3	2	144	4,597.92	110350.08	
<i>Ficus benjamina</i>	1.22	6.36	7.76	1	2	4	0.5	3	2	24	766.32	18391.68	
<i>Ficus elastica</i>	2.12	8.92	18.91	2	3	4	0.5	3	2	72	2,298.96	55175.04	
<i>Ficus nitida</i>	2.32	8.54	19.81	2	3	4	0.5	3	2	72	2,298.96	55175.04	
<i>Grevillea robusta</i>	3.4	17.97	61.10	5	2	4	0.5	3	2	120	3,831.60	91958.4	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	8.77	14.38	67.59	5	2	4	0.5	3	2	120	3,831.60	91958.4	
<i>Ligustrum lucidum</i>	6.49	7.34	47.64	4	3	4	0.5	3	2	144	4,597.92	110350.08	
<i>Liquidambar Stryraciflua</i>	3.65	6.65	24.27	3	3	4	0.5	3	2	108	3,448.44	82762.56	
<i>Salix mexicana</i>	8.55	16.87	75.92	5	2	4	0.5	3	2	120	3,831.60	110350.08	
<i>Schilus mole</i>	7.64	9.36	58.97	5	1	4	0.5	3	2	60	1,915.80	45979.2	

Nota: valor de la libra esterlina 24.55 pesos 9 de octubre del 2017, (Banxico.com)

Apéndice 3. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método Burnley. Burnley = VA * VB * EV* FV*LN*

Especie	Diámetro (m)	Diámetro del dosel (m)	Altura (m)	Volumen m ³ (VA)	Valor base \$ (VB)	Expectativa de vida (EV) (años)	Forma y vigor (FV)	Localización (LN)	Valor final \$
<i>Acer negundo</i>	56.00	6.8	16.43	198.90	225.65	1.00	0.80	0.90	32,313.37
<i>Callitropsis sempervirens</i>	26.1	2.50	5.53	9.05	126.31	0.70	0.65	0.90	468.03
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	36.6	6.53	19.22	153.88	476.64	0.80	0.80	0.90	58,905.74
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	135.12	11.34	32.65	594.54	299.29	0.80	0.70	0.90	165,803.69
<i>Eucalyptus globulus</i>	212.21	16.32	48.24	1,097.00	334.09	0.60	0.65	0.90	328,700.69
<i>Fraxinus udehi</i>	159.73	12.52	26.3	209.80	570.87	0.90	0.80	0.90	354,889.89
<i>Ficus benjamina</i>	13.5	1.22	6.36	2.48	588.32	1.00	0.90	0.90	1,180.99
<i>Ficus elastica</i>	22.39	2.12	8.92	10.50	503.31	0.90	0.90	0.90	3,850.96
<i>Ficus nitida</i>	22.40	2.32	8.54	12.03	484.67	1.00	0.85	0.90	4,461.79
<i>Grevillea robusta</i>	28.7	3.4	17.97	54.38	992.78	0.90	0.90	0.90	39,359.97
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	47.32	8.77	14.38	83.16	491.22	0.80	0.85	0.90	87,046.89
<i>Ligustrum lucidum</i>	86.40	6.49	7.34	80.94	379.95	0.50	0.70	0.90	9,687.06
<i>Liquidambar Stryraciflua</i>	23.60	3.65	6.65	23.19	1,136.61	0.90	0.80	0.90	17,082.86
<i>Salix mexicana</i>	74.64	8.55	16.87	89.44	913.67	0.50	0.40	0.90	34,212.99
<i>Schilus mole</i>	78.44	7.64	9.36	97.26	488.41	0.50	0.50	0.90	15,717.99

Apéndice 4 Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método NADF-001-RNAT-2006. NADF-001-RNAT-2006= AA+DT+ES+EG+EV+ PA+ MU

Especie	Altura (m)	Diámetro (cm)	Puntajes							Monumento (MU)	Puntaje final	Valor final pesos
			Altura (AA)	Diámetro (DT)	Estructura (ES)	Estado general (EG)	Expectativa de vida (EV)	Presencia (PA)				
<i>Acer negudo</i>	16.43	56.00	3	4	4	3	2	1	3	20	9,813.70	
<i>Callitropsis sempervirens</i>	5.53	26.1	2	3	2	2	2	1	3	15	6,039.00	
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	19.22	36.6	4	3	3	3	2	3	3	21	9,813.70	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	32.65	135.12	4	4	3	3	2	1	3	20	9,813.70	
<i>Eucalyptus globulus</i>	48.24	212.21	4	4	2	2	2	1	3	18	6,039.00	
<i>Fraxinus udehi</i>	26.3	159.73	4	4	2	2	2	1	3	18	9,813.70	
<i>Ficus benjamina</i>	6.36	13.50	2	1	2	2	2	1	3	13	6,039.00	
<i>Ficus elastica</i>	8.92	22.39	2	3	2	3	3	1	3	17	6,039.00	
<i>Ficus nitida</i>	8.54	22.40	2	3	4	3	3	1	3	19	9,813.70	
<i>Grevillea robusta</i>	17.97	28.7	4	3	3	3	3	1	3	19	9,813.70	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	14.38	47.32	3	4	3	2	3	1	3	19	9,813.70	
<i>Ligustrum lucidum</i>	7.34	86.40	2	4	2	3	3	1	3	18	6,039.00	
<i>Liquidambar Stryraciflua</i>	6.65	23.60	2	3	2	3	3	1	3	17	6,039.00	
<i>Salix mexicana</i>	16.87	74.64	4	4	2	2	2	1	3	18	6,039.00	
<i>Schilus mole</i>	9.36	78.44	2	4	1	1	1	1	3	12	3,774.50.	

Apéndice 5. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método NADF-001-RNAT-2012. NADF-001-RNAT-2012=AA+DT+ES+EG+EV+ PA+ MU

Especie	Altura (m)	Diámetro (cm)	Puntajes							Puntaje final	Valor final
			Altura (AA)	Diámetro (DT)	Estructura (ES)	Estado general (EG)	Expectativa de vida (EV)	Presencia (PA)	Monumento (MU)		
<i>Acer negundo</i>	16.43	56.00	3	4	4	3	2	1	3	20	9,813.70
<i>Callitropsis sempervirens</i>	5.53	26.1	2	3	2	2	2	1	3	15	6,039.00
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	19.22	36.6	4	3	3	3	2	3	3	21	9,813.70
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	32.65	135.12	4	4	3	3	2	1	3	20	9,813.70
<i>Eucalyptus globulus</i>	48.24	212.21	4	4	2	2	2	1	3	18	6,039.00
<i>Fraxinus udehi</i>	26.30	159.73	4	4	2	2	2	1	3	18	9,813.70
<i>Ficus benjamina</i>	6.36	13.5	2	1	2	2	2	1	3	13	6,039.00
<i>Ficus elastica</i>	8.92	22.39	2	3	2	3	3	1	3	17	6,039.00
<i>Ficus nitida</i>	8.54	22.40	2	3	4	3	3	1	3	19	9,813.70
<i>Grevillea robusta</i>	17.97	28.7	4	3	3	3	3	1	3	19	9,813.70
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	14.38	47.32	3	4	3	2	3	1	3	19	9,813.70
<i>Ligustrum lucidum</i>	7.34	86.40	2	4	2	3	3	1	3	18	6,039.00
<i>Liquidambar Stryraciflua</i>	6.65	23.60	2	3	2	3	3	1	3	17	6,039.00
<i>Salix mexicana</i>	16.87	74.64	4	4	2	2	2	1	3	18	6,039.00
<i>Schilus mole</i>	9.36	78.44	2	4	1	1	1	1	3	12	3,774.50

Apéndice 6. Cálculos utilizados para la valoración del arbolado por el método NADF-001-RNAT-2015. NADF-001-RNAT-2015=AA+DT+ES+EG+EV+ PA+ MU

Especie	Altura (m)	Diámetro (cm)	Puntajes							Puntaje final	Valor final
			Altura (AA)	Diámetro (DT)	Estructura (ES)	Estado general (EG)	Expectativa de vida (EV)	Presencia (PA)	Monumento (MU)		
<i>Acer negudo</i>	16.43	56.00	3	4	4	3	2	1	3	20	99,193.86
<i>Callitropsis sempervirens</i>	5.53	26.1	2	3	2	2	2	1	3	15	42,198.91
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	19.22	36.6	4	3	3	3	2	3	3	21	99,193.86
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	32.65	135.12	4	4	3	3	2	1	3	20	99,193.86
<i>Eucalyptus globulus</i>	48.24	212.21	4	4	2	2	2	1	3	18	42,198.91
<i>Fraxinus udehi</i>	26.30	159.73	4	4	2	2	2	1	3	18	99,193.86
<i>Ficus benjamina</i>	6.36	13.5	2	1	2	2	2	1	3	13	42,198.91
<i>Ficus elastica</i>	8.92	22.39	2	3	2	3	3	1	3	17	42,198.91
<i>Ficus nitida</i>	8.54	22.40	2	3	4	3	3	1	3	19	99,193.86
<i>Grevillea robusta</i>	17.97	28.7	4	3	3	3	3	1	3	19	99,193.86
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	14.38	47.32	3	4	3	2	3	1	3	19	99,193.86
<i>Ligustrum lucidum</i>	7.34	86.40	2	4	2	3	3	1	3	18	42,198.91
<i>Liquidambar Stryraciflua</i>	6.65	23.60	2	3	2	3	3	1	3	17	42,198.91
<i>Salix mexicana</i>	16.87	74.64	4	4	2	2	2	1	3	18	42,198.91
<i>Schilus mole</i>	9.36	78.44	2	4	1	1	1	1	3	12	17,362.7

Apéndice 7. Precio en viveros de las especies utilizadas para la valoración

Especie	Diámetro a la altura de pecho (cm)	Altura (m)	Diámetro promedio de dosel	Precio promedio (\$)	Valor base (\$/cm ²)	Valor base (\$/ cm ³)
<i>Acer negudo</i>	5	2.8	2.3	875.00	44.56	225.65
<i>Callitropsis sempervirens</i>	5	3.5	2.4	666.67	33.95	126.31
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	5	3.2	1.2	575.00	29.28	476.64
<i>Eucalypto camaldunensis</i>	5	2.8	1.4	430.00	21.90	299.29
<i>Eucalypto globulus</i>	5	2.8	1.4	480.00	24.45	334.09
<i>Fraxinus udehi</i>	5	3.3	1.4	966.67	49.23	570.87
<i>Ficus benjamina</i>	5	2.9	1	446.67	22.75	588.32
<i>Ficus elastica</i>	5	2.6	1.2	493.33	25.13	503.31
<i>Ficus nitida</i>	5	2.7	1.2	493.33	25.13	484.67
<i>Grevillea robusta</i>	5	3.8	0.9	800.00	40.74	992.78
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	5	3.6	1.2	666.67	33.95	491.22
<i>Ligustrum lucidum</i>	5	2.8	1.5	626.67	31.92	379.95
<i>Liquidambar Stryraciflua</i>	5	2.6	0.9	626.67	31.92	1,136.61
<i>Salix sp</i>	5	3	1.2	1033.33	52.63	913.67
<i>Schilus mole</i>	5	2.9	1.3	626.67	31.92	488.41