

# Modelo de inventario para el manejo del arbolado urbano empleando un sistema de información geográfica

Inventory model for the management of urban trees using a geographic information system

Mario Alberto Hernández Tovar

INAMBIO, Servicios Ambientales. Guadalajara, Jalisco, México.

Efrén Hernández-Álvarez\*

Agustín Callegos Rodríguez

Carlos M. Guzmán Paredes

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de  
Producción Forestal, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Vincenzo Bertolini

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, carretera antiguo aeropuerto Km 2.5,  
Tapachula, Edo. Chiapas, C.P. 30700, México.

\*Autor para correspondencia: efren.hernandez@academicos.udg.mx

## Resumen

Se estudió el arbolado urbano de la Colonia Chapultepec Country en Guadalajara, Jalisco con el objetivo de elaborar un modelo de inventario forestal mediante el empleo de un Sistema de Información Geográfica (SIG). La colonia cuenta con un total de 32 manzanas, un camellón, una glorieta, un parque y una servidumbre, con una superficie de 49.95 hectáreas. Se llevó a cabo un censo total del arbolado apoyados con cartografía temática, levantamiento de datos de variables ecológicas y dasométricas, usando de un GPS Garmin eTrex 10 se georreferenció cada árbol. Resultados sobresalientes; existen 1386 árboles de 81 diferentes especies, pertenecientes a 31 familias botánicas. *Ficus benjamina*, *Thuja orientalis*, *Arecastrum romanzoffianum*, *Citrus aurantium* y *Cupressus sempervirens* son las más abundantes. La condición presente de los árboles censados muestra que 33.91% están en condición sana, 57.07% en condición regular, 7.36% en mala condición y el 1.66% muertos en pie. A partir de la base de datos elaborada, el censo del arbolado que incluye variables dasométricas, necesidades de podas, estado fitosanitario de los árboles, y cartografía temática de la situación del arbolado, se desarrolló un programa de manejo silvicultural para el arbolado urbano de la colonia que puede ser utilizado por las brigadas de Parques y Jardines del municipio con una programación semanal, o mensual de actividades. Se encontró una relación de superficie de área verde por habitante de 9.16 m<sup>2</sup> que cubre el mínimo estándar recomendado por la OMS de áreas verdes por habitantes. Existe una relación de 3.03 árboles por habitante, cantidad muy superior a los criterios de la OMS que señala que en áreas urbanas cuentan con un árbol por cada tres habitantes para tener un aire de mejor calidad.

**Palabras clave:** Biodiversidad, censo total, índice de valor de importancia, podas, sanidad del arbolado.

## Abstract

The urban trees of the Chapultepec Country neighborhood in Guadalajara, Jalisco were studied in order to elaborate a forest management model and through a Geographic Information System. The neighbourhood has a total amount of 32 blocks, 1 raised median, 1 roundabout, 1 park, 1 traffic easement, with a surface area of 49.95 hectares. A full census of the wooded area was conducted and supported by thematic mapping, data gathering of environmental and forestry variables, using a GPS Garmin eTrex 10 every tree was georeferenced. Outstanding results; there are 1386 trees, from 81 different species that belong to 31 botanical families. The more prolific are *Ficus benjamina*, *Thuja orientalis*, *Arecastrum romanzoffianum*, *Citrus aurantium* and *Cupressus sempervirens*. The present condition of the registered trees revealed that 33.91% are healthy, 57.07% are in regular condition, 7.36% are in poor condition and 1.66% are standing dead. On the basis of the elaborated database, the wooded area census that includes forestry variables, pruning necessities, phytosanitary condition of the trees and thematic cartography of the wooded areas status, a forestry management program was developed specially for the urban trees of the neighbourhood that can be executed weekly or monthly by the Park and Gardens brigades. A ratio of 9.16 m<sup>2</sup> green area surface per citizen was found, this constitutes the minimum standard recommended by the World Health Organization (WHO). There is a relationship of 3.03 trees per habitant, a much bigger amount than the WHO's standard, which points out that in order to obtain a better air quality in urban areas there must be a tree for every three citizens.

**Keywords:** Biodiversity, total census, importance value index, pruning, tree care.

## Introducción

El arbolado desempeña un papel muy importante en los espacios urbanos, ofrecen una gran cantidad de beneficios para la sociedad. La existencia de árboles en las ciudades surge por la necesidad de crear espacios mas favorables para la vida humana, buscando especies del medio natural que aporten protección y recreación (Ledesma, 2008).

Una adecuada arborización en la ciudad ofrece muchos beneficios, ya que se valoran desde aspectos ambientales, sociales y psicológicos en la medida que se integran los elementos naturales a un ambiente artificial (Gallego *et al.*, 2014).

El arbolado urbano es susceptible al manejo, el cual debe ser efectuado con la finalidad de potenciar los beneficios de contar con un censo forestal, garantizando un equilibrio con el desarrollo urbano, para establecer un ordenamiento forestal en la ciudad (Tovar, 2006). Los censos y diagnósticos del arbolado urbano contribuyen al conocimiento y estado en el que se encuentran en un área determinada, evaluando la condición y el óptimo manejo que requiere cada árbol en las áreas verdes urbanas (ONU-Hábitat, 2015).

El diagnóstico del arbolado en general, la evaluación de riesgos en particular y su ubicación georreferenciada mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), representa una herramienta de gran importancia para lograr dicha gestión (Hernández A. *et al.*, 2017).

El uso de SIG permite capturar y generar una base de datos para el análisis de la información en tiempo real, y estar disponible para su uso y edición. El empleo de SIG enfocado a la gestión del arbolado urbano, permite identificar la ubicación geográfica de los árboles para el diagnóstico y el análisis de un área determinada para la elaboración de un plan de manejo adecuado a los requerimientos que estos presentan (Hernández T. *et al.*, 2017).

El presente estudio se llevó a cabo en la colonia Chapultepec Country ubicada en el municipio de Guadalajara y tiene como objetivo, elaborar un modelo de inventario para el manejo del arbolado urbano, mediante el empleo de un SIG y definir si emplear esta metodología permite ordenar y programar eficientemente las actividades de manejo con una proyección semanal o mensual de ejecución.

## Materiales y Métodos

### Localización geográfica del área de estudio

La Colonia Chapultepec Country se sitúa en la Zona Centro del Municipio de Guadalajara, Jalisco, México, cuenta con un total de 32 manzanas, un camellón, una glorieta, un parque y una servidumbre, con una superficie de 49.95 Ha, entre las coordenadas UTM Zona 13 Norte 2289491.36 y 2290369.74 norte, 669671.42 y 670689.76 oeste (IIEG, 2018a; IIEG, 2018b) (Figura 1).

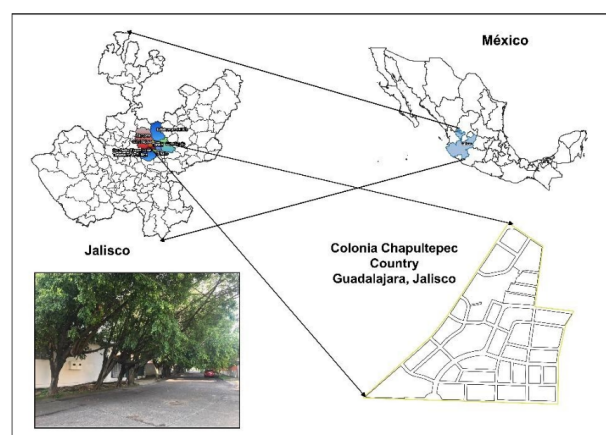


Figura 1. Distribución de áreas públicas en la Colonia Chapultepec Country.

Se realizó el censo del arbolado empleando la metodología propuesta por Hernández A. *et al.*, (2017) y Hernández A. *et al.*, (2017), donde se evaluó el arbolado urbano mayor al 1.50 m. de altura y 2.5 cm de diámetro normal, haciendo referencia al arbolado establecido dentro de un medio urbano.

Para cada área pública que comprende la superficie de la colonia, se tomaron las variables de evaluación mediante el uso de un formato de registro, capturando la información de ubicación, datos dasométricos del arbolado, así como, la condición y manejo a recomendar (Figura 2).

Se midieron las variables dasométricas de diámetro normal (DN) con una cinta graduada en centímetros diamétricos *Forestry suppliers*®, altura total (h), con un hipsómetro *Suunto Tandem*®, y el diámetro de copa, con un flexómetro láser *Leica*®, de acuerdo a los puntos cardinales norte-sur y este-oeste, específicamente, para el análisis de cobertura de copa, se empleó como referencia el área que cubre la superficie del dosel de los árboles evaluados, misma referencia para las áreas verdes

conformada por árboles, arbustos y herbáceas, tales como esparcimiento donde se encuentra conformado de áreas provistas de vegetación, como lo son parques, andadores, entre otros. Se georreferenció cada árbol censado con un gps *eTrex 10x Garmin®*, tomando el centro del árbol como punto de referencia, para su posterior empleo en SIG. Para el trabajo en escritorio y el análisis de datos posterior se empleó el programa Microsoft Office Plus 2016 ® para el análisis de datos, QGIS 3.6 “Noosa” (QGIS Development Team, 2020) para la elaboración de la base de datos en SIG y la elaboración de la cartografía de los resultados obtenidos.

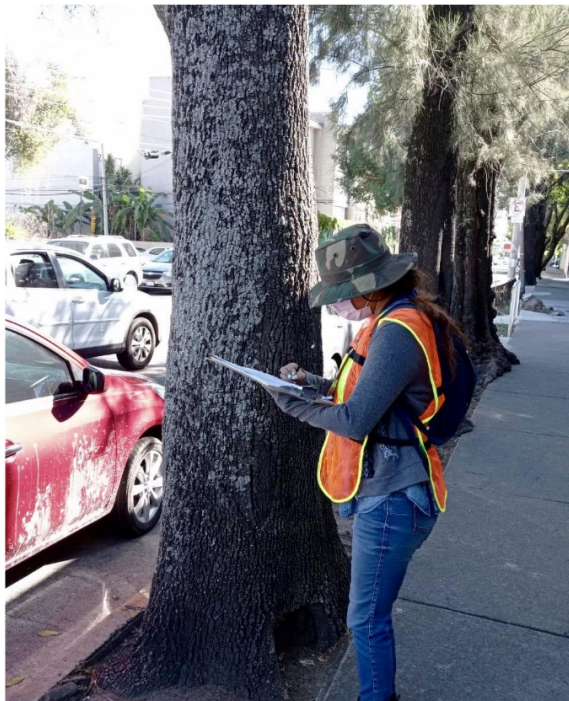


Figura 2. Censo y evaluación total del arbolado urbano.

### Análisis de información

Se evaluó la abundancia de ejemplares en las áreas públicas que componen la colonia, así, el porcentaje que estas se encuentran establecidas en relación al censo total.

Con la información obtenida, se determinó el número de especies arbóreas presentes en la colonia y las familias a las que pertenecen, así como su porcentaje de presencia en la colonia. Se identificó la procedencia de las especies obtenidas en el censo. Se elaboró un listado de las especies arbóreas con mayor representación registradas.

### Cobertura de copa

Considerando que la cobertura de copa, es la proyección que presenta las copas de los árboles sobre la superficie del terreno, para la obtención de este parámetro se realizó la medición del diámetro de las copas de los árboles de Norte – Sur y Este-Oeste, y del promedio de estas. Para el cálculo del área de copa, se determino de acuerdo a la siguiente formula:

$$CC = \pi \left( \frac{PromC}{2} \right)^2$$

Donde:

CC= Cobertura de copa en m2.

PromC= Diámetro de copa promedio.

$\pi$  = Valor de de pi 3.1416.

Para cada especie se determinó la abundancia, de acuerdo al número de árboles acumulados; la dominancia, en función a la cobertura de copa y área basal; y la frecuencia con base a la presencia en las áreas públicas. De acuerdo a Lamprecht (1986) el índice de valor de importancia (IVI) es una medida de cuantificación para asignarle a cada especie su categoría de importancia, y se obtiene de la suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa (área basal o el área de proyección de copa).

Para la estimación de la abundancia relativa, se empleó la siguiente ecuación:

$$Abundancia\ relativa\ (AB_{rel}) = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Donde:

$AB_{rel}$ = Abundancia relativa en porcentaje.

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$ .

$N$ : Número total de árboles registrados.

La dominancia se evaluó mediante la siguiente ecuación:

$$Dominancia\ relativa\ (DOM_{rel}) = \frac{g_i}{G} \times 100$$

Donde:

$DOM_{rel}$  : Dominancia relativa en porcentaje.

$g_i$  = Área basal de los individuos de una especie  $i$  en  $m^2$ .

$G$ = Área basal del total de los árboles en  $m^2$ .

La frecuencia relativa se evaluó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Frecuencia relativa } (FR_{rel}) = \frac{n_i}{N_t} \times 100$$

Donde:

FR= Frecuencia relativa en porcentaje.

$n_i$  = Número de sitios donde se presenta la especie  $i$ .

$N_t$  = Número de sitios totales.

El índice de valor de importancia (IVI), Se expresa como la suma de los valores relativos en porcentaje de los parámetros anteriores, con un valor constante de 100 para todas las especies y se define mediante la siguiente ecuación:

$$IVI = \frac{AB_{rel} + FR_{rel} + DOM_{rel}}{3}$$

De la base de datos generada, se evaluó de la condición que presenta el arbolado en la zona de estudio, mediante el análisis de la condición del arbolado de acuerdo con los daños encontrados y el porcentaje de afectación en el árbol (0-100%). Se realizó el análisis de las especies con mayor afectación. Con base a los daños encontrados y el porcentaje de afectación, se recomendó el manejo que requieren los árboles en la colonia. Se contabilizó el número de árboles que requieren manejo y el porcentaje que representa en relación al censo total. El manejo recomendado fue el siguiente:

- Limpieza de copa: Árboles que presentan en la copa material vegetal enfermo o dañado.
- Poda de formación: Copas de los árboles que requieran la formación de copa.
- Poda de adecuación: Copas de los árboles que requieren la intervención de cortes por daño en cableado público y/o infraestructura.
- Manejo integral: Árboles que requieren de manejo integral por daños de plagas y/o enfermedades.
- Derribo: Árboles riesgosos que presentan un peligro por la condición y la afectación que presentan.

Para la elaboración del programa de manejo del arbolado de la colonia, se determinó el nivel de prioridad para su manejo, con base al estado físico, la condición en la que se encuentra, así como los daños representativos y el porcentaje de afectación.

Se empleo la siguiente categorización para la determinación de nivel de prioridad:

- Baja: Árboles que presentan daños en su estructura de consideración baja o sin daños, donde estos no presentan un riesgo para los habitantes y/o la infraestructura. Los porcentajes de afectación de esta categoría se encuentran por debajo del 20% de afectación en la estructura de los árboles. La condición que presenta los árboles en la colonia es sana.
- Media: Árboles que presentan múltiples daños en su estructura, donde requieren acciones correctivas. Se considera un potencial riesgo si no se realiza el manejo oportuno. Los porcentajes de afectación de esta categoría se encuentra entre  $\geq 20 - \leq 40\%$  de afectación en la estructura de los árboles. La condición que presenta los árboles en la colonia es regular.
- Alta: Árboles que presentan múltiples daños que afectan la vitalidad del arbolado, con peligro inminente de caída por factores ambientales y/o antropogénicos. Se consideran de riesgo para los habitantes y/o en la infraestructura si no se realizan acciones correctivas. Los porcentajes de afectación se encuentra entre  $\geq 40 - \leq 65\%$  de afectación en la estructura de los árboles. La condición que presenta los árboles en la colonia es mala.
- Muy alta: Árboles que presentan múltiples daños, donde estos superan las actividades correctivas para el recuperamiento de la vitalidad. Se consideran de gran riesgo, donde se encuentra arboles con daños irreversibles y/o muertos en pie, donde estos superan el 65% de la estructura de los árboles. Las acciones correctivas para estos es el derribo y la forestación por especies adecuadas al sitio. La condición que presenta los árboles en la colonia es mala o muerto.

## Resultados y discusión

### Distribución del arbolado

Se registraron un total de 1386 árboles, distribuidos principalmente en las banquetas, con un total de 1242 ejemplares (Cuadro 1). Chagollán (1994) reportó para la Zona Industrial en Guadalajara, en el censo realizado para la superficie que ocupa está, un total de 3081 ejemplares ubicados en banquetas,

representando el 90.80% del censo del arbolado, observando una similitud en cuanto a resultados, ya que estos espacios son usuales para el establecimiento y planes de forestación en áreas públicas.

Cuadro 1. Distribución del censo del arbolado en áreas públicas en la Colonia Chapultepec Country.

Área pública	Ejemplares	Porcentaje
Banqueta	1242	89.61
Camellón	55	3.97
Glorieta	27	1.95
Parque	39	2.81
Servidumbre	23	1.66
<b>Total</b>	<b>1386</b>	<b>100.00</b>

### Composición Forestal

En el área de estudio se registraron un total de 81 especies pertenecientes a 32 familias, mientras que Rodríguez *et al.*, (2017), encontraron en un parque urbano de la zona metropolitana de Guadalajara 40 especies forestales pertenecientes a 16 diferentes familias donde sobresalen las familias Pinaceae, Fabaceae y Boraginaceae, mientras que Chagollán (1994) afirma que encontró para la Zona Industrial de Guadalajara 36 especies diferentes.

Del total de especímenes registrados en los 1386 árboles censados, las más abundantes fueron: Ficus (*Ficus benjamina*) con 326 individuos (23.52%), Tuja (*Thuja orientalis*) con 117 individuos (8.44%), Palma plumosa (*Arecastrum romanzoffianum*) con 107 individuos (7.72%), Naranja agrio (*Citrus aurantium*) con 101 individuos (7.28%) y Ciprés italiano (*Cupressus sempervirens*) con 47 individuos (3.39%), con un

total acumulado de 698 árboles, representando el 50.36% del total del censo (Cuadro 2).

Del total de las especies registradas en la colonia, 33 especies son de origen nativo (40.74%) y 48 especies de origen exóticas o introducidas (59.26%), por lo que la colonia presenta una alta tasa de establecimiento de especies exóticas (Cuadro 2). Si bien las especies exóticas ofrecen beneficios al medio urbano, Alanís (2005) menciona que el empleo de especies nativas tiene como ventajas que las plantas están adaptadas ecológicamente y crecen con mayor facilidad.

Chagollán (1994) y Chávez *et al.* (2010) registraron para la Zona industrial y la Colonia Chapalita, con en los municipios de Guadalajara y Zapopan, especies similares en abundancia, destacando la presencia de Ficus (*Ficus benjamina*), Fresno (*Fraxinus uhdei*), Naranja agrio (*Citrus aurantium*) y Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), lo componen principalmente especies establecidas por sus características distintivas de ornato y paisajismo.

En referencia al número de árboles por habitante en la Colonia, sobresale que existe una relación de 3.03 árboles por habitante, cantidad muy superior a lo que señala Castro *et al.* (2017), ellos mencionan que de acuerdo criterios de la OMS se requiere que en áreas urbanas cuenten con un árbol por cada tres habitantes para tener un aire de mejor calidad.

### Cobertura de copa

Se calculó un total de 34,831.38 m<sup>2</sup> de áreas verdes, sumando las 24,231.03 m<sup>2</sup> de superficie cubierta por el dosel de árboles y los 14,250.35 m<sup>2</sup> de cobertura de parques en la Colonia. Este valor positivo si consideramos que, por ejemplo, Alanís (2005) menciona que la Organización de las Organizaciones

Cuadro 2. Especies arbóreas registradas con mayor representación en la Colonia Chapultepec Country.

Familia	Origen	Nombre común	Nombre científico	Ejemplares	(%) Total
Moraceae	Exótica	Ficus	<i>Ficus benjamina</i> L.	326	23.52
Cupressaceae	Exótica	Tuja	<i>Thuja orientalis</i> L.	117	8.44
Arecaceae	Exótica	Palma Plumosa	<i>Arecastrum romanzoffianum</i> (Cham.) Becc.	107	7.72
Rutaceae	Exótica	Naranja Agrío	<i>Citrus aurantium</i> L.	101	7.29
Cupressaceae	Exótica	Ciprés Italiano	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	47	3.39
Bignoniaceae	Exótica	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	46	3.32
Oleaceae	Nativa	Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	44	3.17
Myrtaceae	Nativa	Arrayán	<i>Psidium sartorianum</i> O. Berg Nied.	44	3.17
Combretaceae	Nativa	Olivo Negro	<i>Bucida buceras</i> L.	43	3.1
Moraceae	Exótica	Laurel de la India	<i>Ficus microcarpa</i> L.f.	40	2.89
<b>Total</b>				<b>915</b>	<b>66.01</b>

de las Naciones Unidas (ONU) recomienda la relación de áreas verdes en ciudades de 15 m<sup>2</sup> por habitante y que otros autores mencionan como recomendable entre 10 y 12 m<sup>2</sup> por habitante, mientras que de acuerdo a (ONU-Hábitat, 2015) la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las ciudades tengan un estándar mínimo de 9 m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante. Tomando en cuenta que actualmente la Colonia tiene 4200 habitantes. De acuerdo con lo anterior, se encontró una relación de superficie de área verde por habitante de 9.16 m<sup>2</sup> (Año actual), se concluye que la Colonia presenta un cobertura estandar mínima recomendada por la OMS de áreas verdes por habitantes.

### Índice de valor de importancia de las especies arbóreas

Para la evaluación de especies con mayor peso ecológico en la colonia, se calculó el IVI usando el

área basal y la cobertura de copa para las especies registradas, donde se puede apreciar en el Cuadro 3, que 20 especies tipifican la colonia. De los resultados obtenidos, la especie que mayor abundancia presentó fue *Ficus* (*Ficus bejamina*) con el 23.5% (326 individuos) y con mayor frecuencia, representando el 6.95% (34 de los 36 sitios evaluados), de igual manera para el caso de dominancia, representando el 27.55% evaluado con el área basal y el 27.69% con la cobertura de copa, obteniendo un puntaje final en IVI de 19.34 en relación con el área basal y el 19.39 con la cobertura de copa. Por su parte, Hernández T. et al (2017) en el parque urbano Metropolitano de Guadalajara encontraron que *Pinus douglasiana*, *Lysiloma divaricata*, *Pinus gregii*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Coriticia speciosa* son las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI).

Cuadro 3. Índice de Valor de Importancia mediante la evaluación en área basal y cobertura de copa en la Colonia Chapultepec Country.

Especies	Abundancia		Frecuencia		Dom. (G)		Dom. (CC)		IVI (G)	IVI (CC)
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs(m <sup>2</sup> )	Rel.	Abs (m <sup>2</sup> ).	Rel.		
<i>Ficus benjamina</i>	326	23.52	34.00	6.95	48.38	27.55	6708.65	27.69	19.34	19.39
<i>Thuja orientalis</i>	117	8.44	26.00	4.29	8.5	2.93	760.19	3.14	5.86	5.29
<i>Ficus nitida</i>	40	2.89	21.00	3.48	16.69	4.84	1003.98	4.14	5.29	3.50
<i>Citrus aurantium</i>	101	7.29	20.00	5.32	4.44	2.53	460.22	1.90	5.04	4.83
<i>Arecastrum romanzoffianum</i>	107	7.72	17.00	4.09	5.15	6.64	2317.05	9.56	4.91	7.12
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	46	3.32	18.00	2.86	14.1	8.03	1959.11	8.09	4.74	4.76
<i>Fraxinus uhdei</i>	44	3.17	17.00	3.07	11.66	9.51	1989.02	8.21	4.29	4.82
<i>Cupressus sempervirens</i>	47	3.39	15.00	3.48	1.76	0.47	63.64	0.26	2.62	2.38
<i>Bucida buceras</i>	43	3.10	14.00	3.68	0.83	2.47	167.46	0.69	2.42	2.49
<i>Melia azederach</i>	22	1.59	15.00	1.64	6.39	1.00	692.73	2.86	2.29	2.03
<i>Psidium sartorianum</i>	44	3.17	13.00	3.07	0.18	0.10	168.68	0.70	2.11	2.31
<i>Spathodea campanulata</i>	22	1.59	12.00	2.04	4.33	2.84	862.18	3.56	2.03	2.40
<i>Casuarina equisetifolia</i>	24	1.73	10.00	1.43	4.98	2.12	838.46	3.46	2.00	2.21
<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	14	1.01	10.00	1.84	5.49	3.64	136.32	0.56	1.99	1.14
<i>Washingtonia filifera</i>	26	1.88	9.00	1.84	3.73	2.74	630.5	2.60	1.95	2.11
<i>Delonix regia</i>	13	0.94	9.00	1.43	4.8	0.97	787.23	3.25	1.70	1.87
<i>Chorisia speciosa</i>	19	1.37	9.00	2.66	1.7	0.48	323.91	1.34	1.67	1.79
<i>Ficus elastica</i>	5	0.36	8.00	0.41	6.65	0.49	524.98	2.17	1.52	0.98
<i>Psidium guajava</i>	18	1.30	9.00	2.45	0.84	0.69	204.96	0.85	1.41	1.53
<i>Cassia fistula</i>	18	1.30	7.00	2.04	0.86	3.13	246.79	1.02	1.28	1.45
<i>Schefflera actinophylla</i>	11	0.79	8.00	1.84	1.59	1.19	116.83	0.48	1.18	1.04
<i>Tabebuia donell-smithii</i>	14	1.01	8.00	1.84	1.21	0.91	213.55	0.88	1.18	1.24
<i>Roystonea regia</i>	10	0.72	7.00	1.43	2.08	3.79	242.68	1.00	1.11	1.05
<i>Ligustrum lucidum</i>	9	0.65	8.00	1.64	0.85	0.20	80.83	0.33	0.92	0.87
<i>Phoenix ruebelinii</i>	11	0.79	7.00	1.64	0.35	0.48	43.81	0.18	0.88	0.87
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6	0.43	7.00	0.82	2.09	0.20	234.62	0.97	0.81	0.74
<i>Cupressus lindleyi</i>	10	0.72	7.00	1.43	0.49	0.28	89.17	0.37	0.81	0.84
<i>Citrus limon</i>	9	0.65	6.00	1.64	0.25	0.14	51.24	0.21	0.81	0.83
<i>Callistemon viminalis</i>	14	1.01	6.00	0.61	1.32	0.75	210.70	0.87	0.79	0.83
<i>Casimiroa edulis</i>	13	0.94	6.00	1.23	0.36	0.71	114.44	0.47	0.79	0.88
<i>Phoenix dactylifera</i>	4	0.29	5.00	0.82	2.04	1.19	114.52	0.47	0.76	0.53
<i>Citrus reticulata</i>	10	0.72	5.00	1.23	0.35	0.20	56.74	0.23	0.72	0.73
<i>Grevillea robusta</i>	10	0.72	5.00	0.61	1.25	0.12	257.91	1.06	0.68	0.80
<i>Yucca filifera</i>	7	0.51	5.00	1.02	0.73	0.39	29.63	0.12	0.65	0.55
<i>Lagerstroemia indica</i>	7	0.51	5.00	1.23	0.37	0.45	21.13	0.09	0.65	0.61
<i>Magnolia grandiflora</i>	7	0.51	4.00	1.02	0.68	0.21	90.42	0.37	0.64	0.63
<i>Pinus maximartinezii</i>	4	0.29	4.00	1.43	0.10	0.49	12.07	0.05	0.59	0.59
<i>Persea americana</i>	7	0.51	4.00	0.82	0.78	0.08	127.55	0.53	0.59	0.62
<i>Eriobotrya japonica</i>	8	0.58	4.00	1.02	0.14	0.05	41.38	0.17	0.56	0.59
<i>Plumeria rubra</i>	8	0.58	4.00	1.02	0.12	0.07	35.62	0.15	0.56	0.58
<i>Pithecellobium dulce</i>	4	0.29	4.00	0.82	0.85	0.32	170.49	0.70	0.53	0.60
<i>Tabebuia rosea</i>	5	0.36	4.00	1.02	0.22	0.42	153.89	0.64	0.50	0.67

<i>Araucaria araucarana</i>	5	0.36	4.00	0.82	0.57	1.16	134.51	0.56	0.50	0.58
<i>Bahinia variegata</i>	3	0.22	4.00	0.61	1.13	0.20	48.18	0.20	0.49	0.34
<i>Citrus limetta</i>	11	0.79	3.00	0.41	0.35	0.10	36.46	0.15	0.47	0.45
<i>Cupressus macrocarpa</i>	6	0.43	3.00	0.82	0.18	0.03	6.42	0.03	0.45	0.43
<i>Bismarckia nobilis</i>	5	0.36	2.00	0.41	0.87	0.05	80.62	0.33	0.42	0.37
<i>Annona muricata</i>	5	0.36	3.00	0.82	0.05	0.06	14.00	0.06	0.40	0.41
<i>Punica granatum</i>	4	0.29	3.00	0.82	0.10	0.49	9.84	0.04	0.39	0.38
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	4	0.29	3.00	0.82	0.09	0.65	15.25	0.06	0.39	0.39
<i>Nerium oleander</i>	4	0.29	3.00	0.61	0.20	0.11	25.55	0.11	0.34	0.34
<i>Ficus padifolia</i>	3	0.22	3.00	0.61	0.29	0.17	27.26	0.11	0.33	0.31
<i>Albizia julibrissin</i>	3	0.22	2.00	0.61	0.05	0.03	26.32	0.11	0.29	0.31
<i>Ficus lyrata</i>	3	0.22	2.00	0.61	0.04	0.23	24.96	0.10	0.28	0.31
<i>Bursera simaruba</i>	3	0.22	2.00	0.41	0.40	0.02	75.71	0.31	0.28	0.31
<i>Pinus douglasiana</i>	3	0.22	2.00	0.41	0.13	0.07	29.44	0.12	0.23	0.25
<i>Cocos nucifera</i>	3	0.22	2.00	0.41	0.12	0.07	40.65	0.17	0.23	0.26
<i>Pinus cembroides</i>	3	0.22	2.00	0.41	0.07	0.04	10.79	0.04	0.22	0.22
<i>Mangifera indica</i>	3	0.22	2.00	0.41	0.04	0.02	5.71	0.02	0.22	0.22
<i>Psidium cattleianum</i>	2	0.14	2.00	0.41	0.11	0.01	4.76	0.02	0.21	0.19
<i>Liquidambar styraciflua</i>	2	0.14	2.00	0.41	0.10	0.01	5.52	0.02	0.20	0.19
<i>Carica papaya</i>	2	0.14	2.00	0.41	0.03	0.06	3.78	0.02	0.19	0.19
<i>Thevetia thevetoides</i>	2	0.14	2.00	0.41	0.02	0.06	6.54	0.03	0.19	0.19
<i>Eugenia myrtifolia</i>	2	0.14	2.00	0.41	0.02	0.01	3.02	0.01	0.19	0.19
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	2	0.14	2.00	0.41	0.02	0.01	13.12	0.05	0.19	0.20
<i>Phoenix canariensis</i>	2	0.14	1.00	0.20	0.50	0.04	33.03	0.14	0.18	0.16
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	3	0.22	1.00	0.20	0.03	0.20	7.96	0.03	0.15	0.15
<i>Pinus Patula</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.12	0.01	25.97	0.11	0.11	0.13
<i>Pistacia vera</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.12	0.07	40.15	0.17	0.11	0.15
<i>Acer Saccharum</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.06	0.07	53.46	0.22	0.10	0.17
<i>Prunus persica</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.06	0.02	4.71	0.02	0.10	0.10
<i>Gardenia jasminoides</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.05	0.00	2.41	0.01	0.10	0.10
<i>Azadirachta indica</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.04	0.01	14.19	0.06	0.10	0.11
<i>Pimenta dioica</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.02	0.01	7.31	0.03	0.10	0.10
<i>Tecoma stans</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.02	0.01	6.16	0.03	0.10	0.10
<i>Macadamia ternifolia</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.02	0.01	10.46	0.04	0.10	0.11
<i>Adonidia merrillii</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.01	0.03	2.01	0.01	0.09	0.09
<i>Euphorbia cotinifolia</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.01	0.03	2.27	0.01	0.09	0.10
<i>Pinus devoniana</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.01	0.01	4.91	0.02	0.09	0.10
<i>Schinus terebinthifolia</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.01	0.01	10.75	0.04	0.09	0.11
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	0.07	1.00	0.20	0.01	0.00	1.65	0.01	0.09	0.09
<b>Total</b>	<b>1386</b>	<b>100.00</b>	<b>36.00</b>	<b>100.0</b>	<b>175.74</b>	<b>100.00</b>	<b>24231.0</b>	<b>100.00</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

AB rel. = abundancia relativa; FR rel. = frecuencia relativa; DOM (G)= dominancia relativa en función del área basal;

Abs (G)= frecuencia absoluta por especie; DOM (CC)= dominancia relativa en función de la cobertura de copa; Abs (CC)= frecuencia absoluta por especie IVI G= índice de valor de importancia calculado con área basal; IVI CC= índice de valor de importancia calculado con la cobertura de copa.

### Condición del arbolado

De los 1386 árboles censados, se obtuvo que la condición general en la colonia, se encuentra regular con 791 árboles (57.07% del arbolado total), donde 470 árboles se encuentran sanos (33.91% del arbolado total), 102 árboles (7.36% del arbolado total) se encuentra en mala condición y 23 árboles (1.66% del arbolado total) se encuentran muertos en pie. Chagollán (1994), identificó que para la Zona Industrial en el municipio de Guadalajara que la condición presente en el arbolado, se acumula principalmente en regular, donde observó la problemática que padece el arbolado por la contaminación de las fábricas y la presencia de plagas.

Se contabilizaron 380 árboles que no presentan daños, 23 árboles se encuentran muertos en pie, 983 árboles en la colonia, presenta algún daño en su estructura, desde un solo daño, hasta 9 en la estructura de un solo árbol. Se contabilizó el número

de daños que aparecen en los 983 árboles con algún daño en su estructura (Cuadro 4). Chagollán (1994), Hernández T. *et al.*, (2017) y Hernández A. *et al.*, (2017), mencionan que la principal problemática que presenta el arbolado en la Zona Industrial, el Parque de la Solidaridad Iberoamericana y el Parque Metropolitano, con ubicación en los municipios de Guadalajara y Zapopan son de carácter antropogénico, ocasionado por las actividades humanas como la contaminación por fábricas, el vandalismo y las podas excesivas que ocasionan el desmoche de ramas.

Como se muestra en el Cuadro 5, 449 árboles presentan daños en un 20% de su estructura, lo que representa un 32% del total de los árboles censados, en contraste 380 árboles no presentan ningún tipo de afectación en su estructura, equivalente al 27.42%.

Cuadro 4. Daños evaluados en el arbolado de la Colonia Chapultepec Country.

I D	Daños	No. Daños
0	Ninguno	380
1	Banqueta y/o Machuelo	373
2	Antropogénico	758
3	Árbol descortezado	7
4	Árbol resinado	4
5	Árbol quemado	1
6	Hongo Ganoderma	8
7	Fuste pintado	35
8	Insecto barrenador y/o descortezador	187
9	Termitas	182
10	Daños por pájaros	0
11	Insectos defoliadores	16
12	Insectos chupadores	141
13	Tumoraciones en ramas y/o fuste	1
14	Desmoches en ramas	936
15	Ramas obstruyendo el cableado publico	350
16	Ramas dañando infraestructura.	76
17	Presencia de muérdago	127
18	Presencia de fumagina en las hojas	123

ID= Identificador de daños en el levantamiento de toma de datos

Cuadro 5. Porcentaje de daños identificados en el censo de la Colonia Chapultepec Country.

(%) Daños evaluados	Ejemplares	%Total
0	380	27.42
10	86	6.2
15	4	0.29
20	449	32.4
25	181	13.06
30	62	4.47
35	6	0.43
40	93	6.71
45	32	2.31
50	46	3.32
55	1	0.07
60	11	0.79
65	1	0.07
70	7	0.51
80	1	0.07
90	1	0.07
100	25	1.8
<b>Total</b>	<b>1386</b>	<b>100.00</b>

Se obtuvo que la especie que presenta mayor acumulación de árboles en condición sana en la colonia, es la especie Palma Plumosa (*Arecastrum romanzoffianum*) con 103 árboles de 107 contabilizados (92.26% en total); para el caso de condición regular, la especie Ficus (*Ficus benjamina*), cuenta con el mayor número de árboles en condición Regular, con 295 árboles de 326 contabilizados (90.49% en total) y la especie con mayor árboles en condición Mala, la especie Naranja agrio (*Citrus aurantium*) con 19 árboles de 101 contabilizados (18.81% en total). Para el caso de la especie Ficus (*Ficus benjamina*), Alanís (2005) menciona que si bien, esta especie ha contribuido a darle un aspecto verde a las ciudades y ha brindado algunos beneficios ecológicos, es una especie que ha ocasionado problemas en el sistema de drenaje sanitario, levantamiento de banquetas, caídas por acción del viento, y susceptible a heladas, considerándose a esta especie, condenada a desaparecer o disminuir drásticamente su presencia en las ciudades.

### Recomendaciones de manejo

De la evaluación de daños obtenidos y el porcentaje que estas afectan el arbolado, se determinó el manejo recomendado para cada árbol observado en campo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Manejo recomendado para el arbolado de la Colonia Chapultepec Country.

Manejo Recomendado	Núm. Árboles	% Total
Derribo	34	2.45
Limpieza de Copa	92	6.64
Manejo Integral	297	21.43
Ninguno	385	27.78
Poda de Adecuación	272	19.62
Poda de Formación	306	22.08
<b>Total</b>	<b>1386</b>	<b>100</b>

Chagollán (1994), Hernández T. *et al.*, (2017) y Hernández A. *et al.*, (2017) reportan para el arbolado de la Zona Industrial, el Parque de la Solidaridad Iberoamericana y el Parque Metropolitano, que los principales tratamientos de manejo para el arbolado evaluado son la poda sanitaria, la poda de formación y adecuación, en conjunto del manejo integral, ya que estos se



encuentran condicionados por las actividades antropogénicas en el medio que se desenvuelven, siendo el principal punto de sinergia, la interacción del arbolado con las actividades recreación e industrialización, donde las ramas afectan el paso de los transeúntes y la obstrucción de instalaciones eléctricas, telefonía, luminarias, señalamiento de tráfico, entre otros.

### Programa de manejo para el arbolado de la Colonia Chapultepec Country

Mediante la clasificación evaluada para el nivel de prioridad de manejo en la colonia, se identificó que 34 árboles (2.45% del arbolado total) requiere del derribo y la sustitución por especies adecuadas al sitio, seguido de 91 árboles (6.57%) requieren manejo de alta prioridad, para la reducción de riesgos y posibles afectaciones para los habitantes y/o la infraestructura en la colonia, la categoría media, con 792 árboles (57.14% del arbolado total), donde los árboles presentan múltiples daños en su estructura y mediante acciones correctivas se puede minimizar el riesgo a futuro, seguido de la categoría baja, donde presentan daños de baja consideración en su estructura o inexistentes, considerándose de bajo riesgo para los habitantes y/o la infraestructura en la colonia, con 469 árboles (33.84% del arbolado total) (Figura 3).

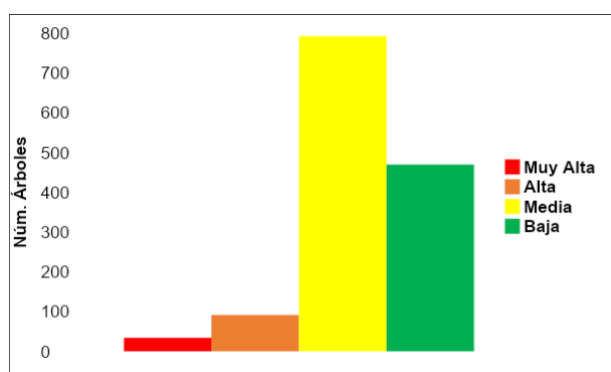


Figura 3. Distribución de prioridad de manejo en la Colonia Chapultepec Country.

En el Cuadro 7, se aprecia el nivel de prioridad y el manejo recomendado para cada clasificación, así como el número de árboles que requieren de tratamientos correctivos.

Cuadro 7. Nivel de prioridad de manejo y el manejo recomendado para el arbolado de la colonia.

Prioridad de Manejo y Manejo Recomendado	Núm. Árboles
<b>Baja</b>	<b>Total= 469</b>
Limpieza de Copa	2
Manejo Integral	2
Ninguno	385
Poda de Adecuación	22
Poda de Formación	58
<b>Media</b>	<b>Total= 792</b>
Limpieza de Copa	75
Manejo Integral	238
Poda de Adecuación	242
Poda de Formación	237
<b>Alta</b>	<b>Total= 91</b>
Limpieza de Copa	15
Manejo Integral	57
Poda de Adecuación	8
Poda de Formación	11
<b>Muy Alta</b>	<b>Total= 34</b>
Derribo	34
<b>Total</b>	<b>1386</b>

### Manejo del arbolado mediante SIG

Mediante la evaluación de las diferentes variables obtenidas en la base de datos y la identificación del nivel de prioridad de manejo que presentan los árboles en la colonia, se elaboró la base de datos en SIG, y posteriormente la cartografía temática para la ejecución del manejo que requiere el arbolado en los meses propuestos.

De acuerdo con lo obtenido, se puede apreciar las clasificaciones evaluadas en la Figura 4, el cual mediante la cartografía obtenida se observa cómo se encuentran distribuidas en la superficie de la colonia, donde servirá para la ubicación en tiempo real y nivel de prioridad de los árboles censados, así como las calles en donde estos están geolocalizados.

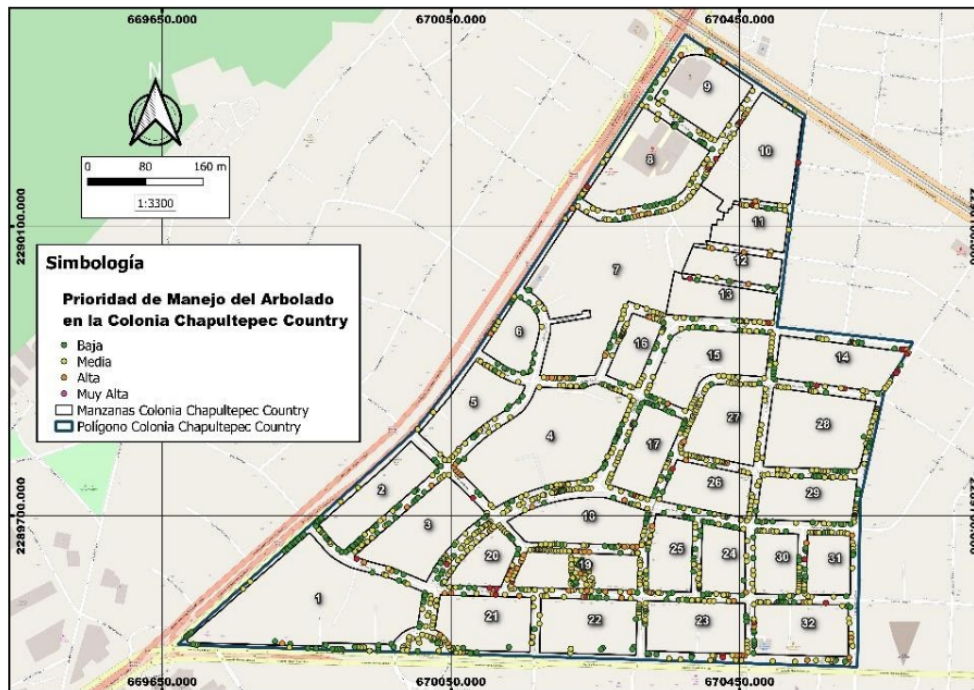


Figura 4. Cartografía del nivel de prioridad de manejo del arbolado de la colonia.

### Conclusiones

El arbolado urbano de la Colonia Chapultepec Country de Guadalajara tiene una alta riqueza de especies, mismas que proporcionan servicios ecosistémicos a sus habitantes, están conformadas por más del 50% de especies arbóreas exóticas con una alta densidad y cobertura de copa. Por otra parte, tomando en cuenta la definición de (Benavides y Fernández 2012; Casillas *et al.*, 2018) quienes consideran que las áreas verdes están compuestas por; el arbolado presente en banquetas y camellones de calles y avenidas, así como, de áreas verdes urbanas que se encuentran en los límites de la Colonia, se encontró una relación de superficie de área verde por habitante de 9.16 m<sup>2</sup> que cubre el mínimo estándar recomendado por la OMS de áreas verdes por habitantes. Existe una relación de 3.03 árboles por habitante, cantidad muy superior a los criterios de la OMS que señala que en áreas urbanas cuentan con un árbol por cada tres habitantes para tener un aire de mejor calidad. Ficus benjamina es la especie con mayor peso ecológico, presentando mayor puntaje en IVI, siendo la que mayor abundancia, dominancia y frecuencia presenta. La evaluación del IVI empleado para la Colonia presentó mínimas diferencias con ambas variables, en función de la dominancia.

El arbolado de la colonia se encuentra con el más del 50% en condición regular, siendo los daños de carácter antropogénico los que afectan principalmente la estructura de los árboles. La acumulación de porcentaje de daños de mayor acumulación, se encuentra en el 20% de daño estructural por alguna afectación. La especie Ficus (Ficus benjamina) presenta el mayor número de individuos con afectación y acumulación en condición regular.

### Agradecimientos

A Paola Lopez, Norberto Díaz y Andrés Rubio por su apoyo al levantamiento de datos y logística para lograr el presente proyecto. Al cuerpo académico UDG-CA-858 “Ecología y Manejo de Bosques Naturales y Artificiales” por la asesoría y el apoyo brindado en la elaboración y conclusión del trabajo.

**Literatura citada**

- Alanís F., G. (2005). El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL*, VIII (01), Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 20-32.
- Benavides M., H., y Fernández G., D. (2012). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques*, 18(2), 51-71.
- Casillas Zapata, A., Ledezma Elizondo, M., & Aparicio Moreno, C. (2018). Conformación de áreas verdes y espacios abiertos en la transformación urbana de Monterrey del siglo XVII a inicios del siglo XXI. *Letras Históricas E-ISSN: 2448-8372*, (19), 99-125. Recuperado a partir de <http://www.letrashistoricas.cucsh.udg.mx/index.php/LH/article/view/6728>
- Chagollán A., F. (1994). Análisis dasonómico del arbolado urbano de la Zona Industrial en el municipio de Guadalajara, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 60 p.
- Chávez A., J., Villavicencio G., R., Santiago P., A., Toledo G., S., H., G., & J.J. (2010). Arbolado de Chapalita: estado y valor. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. 62 p. más 16 láminas en color.
- Gallego, J., Tabares, A., Hernández, L., & Sierra-Giraldo, J. (2014). Manual de Silvicultura Urbana para Manizales. Manizales: CHEC, Alcaldía de Manizales, CORPOCALDAS y Universidad de Caldas. 130 p.
- Hernández A., E., Hernández T., M., Rodríguez P., J., Gallegos R., A., González D., F., & Díaz T., N. (2017). Diagnóstico del arbolado urbano del Parque de la Solidaridad. Universidad de Guadalajara, Piloto Multidisciplinar de Pasantía Laboral Para la Intervención de Problemas Sociales (Informe técnico final). Guadalajara, Jalisco, 21pp.
- Hernández T., M. A., Hernández A., E. y Rodríguez P., J., (2017). Diagnóstico del arbolado urbano del Parque Metropolitano. Universidad de Guadalajara, Piloto
- Multidisciplinar de Pasantía Laboral Para La Intervención de Problemas Sociales. (Informe técnico final). Guadalajara, Jalisco, 39 pp.
- IIEG (Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco). (2018a). Planimetría ZMG (vuelos 1998-2001), colonias, Conjunto de datos vectoriales. Obtenido de <https://datos.jalisco.gob.mx/dataset/planimetria-zmg-vuelos-1998-2001-colonias> (Consultado en diciembre de 2020)
- IIEG (Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco). (2018b). Planimetría ZMG (vuelos 1998-2001), manzanas. Conjunto de datos vectoriales. Obtenido de <https://datos.jalisco.gob.mx/dataset/planimetria-zmg-vuelos-1998-2001-manzanas> (Consultado en diciembre de 2020)
- Lamprecht, H. (1986). *Waldbau in den Tropen*. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.
- Ledesma, M. (2008). Arbolado público. Conceptos. Manejo. Manfredi, Colombia: INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Agropecuaria de Manfredi. 13 p.
- ONU Habitát. (2015). Habitat iii issue papers: 11-public space. Nueva York: Naciones. Obtenido de: [http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-11\\_Public-Space\\_2.0.compressed.pdf](http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-11_Public-Space_2.0.compressed.pdf) (Consultado en Septiembre del 2021).
- Rodríguez B., N., Di Franco, L., Cucciuffo, E., & Craig, E. (2017). Generación de cartografía temática del arbolado urbano mediante el uso de sig. *Cardinalis* (8), 117-142.
- QGIS Development Team. (2020). GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Obtenido de <https://qgis.org>.
- Tovar C., G. (2006). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Colombia Forestal*, 19(19): 191.