



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN GEOGRAFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL (CIGA)  
MANEJO INTEGRADO DEL PAISAJE

**Análisis geoespacial del arbolado público urbano en el Periférico  
de la ciudad de Morelia, Michoacán**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA

**YASMINA MARESMA CLAPÉ**

**Tutores:**

**Dr. Manuel Bollo Manent (CIGA, UNAM)**

**Dr. Fernando Antonio Rosete Verges (ENES-CAMPUS MORELIA)**

**Morelia, Michoacán**

**Marzo 2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Donde haya un árbol que plantar, plántalo tú.  
Donde haya un error que enmendar, enmiéndalo tú.  
Donde haya un esfuerzo que todos esquivan, hazlo tú.  
Sé tú el que aporta la piedra del camino”

**Gabriela Mistral**

## AGRADECIMIENTOS

*Al Dr. Fernando Antonio Rosete Verges por su tiempo, apoyo incondicional y la confianza depositada en mí para el desarrollo con éxito de esta tesis.*

*Al Dr. Manuel Bollo Manent por introducirme en el extenso y hermoso campo de estudio de las áreas verdes, enseñanzas y colaboración para desarrollar esta investigación.*

*Al Dr. Antonio García García por la confianza depositada en mí durante el desarrollo de la estancia académica y contribuir con mi formación profesional.*

*Al MSc. Angel Jahudiel Cervantes Pina por sus enseñanzas, colaboración y guía en este camino para convertirme en **Maestra** y culminar con éxitos esta tesis. Gracias por darme fuerzas cuando creía que no podía y sobre todo por **CREER EN MÍ**.*

*Al MSc. Juan Martínez por su apoyo incondicional y los conocimientos brindados durante las prácticas de campo desarrolladas para identificar las especies en el área de estudio.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por brindarme la oportunidad de superarme profesionalmente. Orgullosa de formar parte de esta gran casa de estudios.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico para realizar y concluir mis estudios de Maestría.*

*A mi familia por todo el amor y apoyo incondicional para que alcance mis sueños.*

*A esas personitas especiales llamados AMIGOS que me han acompañado en esta hermosa travesía.*

## Resumen

Las áreas verdes urbanas generan beneficios ambientales, sociales y económicos en las ciudades, convirtiéndose en un importante elemento de la configuración urbana. El proceso de su planificación se realiza a partir de su inventario, clasificación y evaluación. La ciudad de Morelia carece de instrumentos metodológicos que permiten la planificación integral de las áreas verdes urbanas, principalmente las vinculadas a las vialidades y que tienen como particularidad su linealidad, como el Periférico Paseo de la República. Es por ello, que la presente investigación tuvo como objetivo analizar desde una perspectiva geoespacial el arbolado público urbano que se encuentra localizado en el periférico mediante los Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota. Se realizó un inventario para conocer la localización, identificación y estado actual de la población arbórea que conforma el arbolado. Se determinó una tipología para clasificar las áreas verdes lineales en vialidades a partir de la configuración vial que presentan, y, se identificaron y cuantificaron áreas de oportunidad aptas para reforestar dentro de los elementos viales que conforman el libramiento. Por último, se identificaron áreas que tienen conexión con otras áreas verdes a ambos lados del libramiento y se evaluó su potencial como corredores verdes. Los resultados del inventario arrojaron la identificación de 50 especies con un total de 7,110 individuos, de los cuales, el 65% son árboles, 18% mixtos y el 17% arbustos. Se determinaron 33 tipos de tipología siendo predominantes la 11, 3, 22, 4, 1, 2, 29, 12,1 8 y 15. Se encontraron 4,508 áreas de oportunidad para reforestar con árboles y 23,189 con arbustos. Se identificaron 2 áreas con potencial conectividad para convertirse en futuros corredores verdes. El conjunto de resultados obtenidos en esta investigación puede constituir un aporte a la planificación de las áreas verdes urbanas, ya que la metodología desarrollada podría replicarse para ciudades con áreas verdes lineales de características análogas; y a la vez, contribuir al desarrollo de políticas públicas encaminadas a la revaloración del verde urbano en las ciudades.

Palabras claves: Áreas verdes urbanas, tipologías, áreas de oportunidad, corredores verdes.

## **Abstract**

Urban green areas generate environmental, social and economic benefits in cities, becoming an important element of the urban configuration. The planning process is carried out from its inventory, classification and evaluation. The city of Morelia lacks methodological instruments that allow the comprehensive planning of urban green areas, mainly those linked to roads and whose linearity is unique, such as the Peripheral Walk of the Republic. It is for this reason that the present research aimed to analyze the spatial configuration of the urban public trees that are located in the periphery by means of the Geographic Information Systems and Remote Perception. An inventory was carried out to know the location, identification and current status of the tree population that makes up the trees. A typology was determined to classify the linear green areas in roads based on the road configuration they present, and opportunity areas suitable for reforestation within the road elements that make up the bypass were identified and quantified. Finally, areas that have a connection with other green areas on both sides of the bypass were identified and their potential as green corridors was evaluated. The results of the inventory yielded the identification of 50 species with a total of 7,110 individuals, of which 65% are trees, 18% are mixed and 17% are shrubs. 33 types of typology were determined, being 11, 3, 22, 4, 1, 2, 29, 12, 18 and 15 predominant. 4,508 areas of opportunity to reforest with trees and 23,189 with shrubs were found. Two areas with potential connectivity were identified to become future green corridors. The set of results obtained in this research can constitute a contribution to the planning of urban green areas, since the developed methodology could be replicated for cities with linear green areas of similar characteristics; and at the same time, contribute to the development of public policies aimed at the revaluation of urban green in cities.

Keywords: Urban green areas, typologies, opportunity areas, green corridors.

## Índice

Resumen .....	1
Abstract.....	4
Introducción .....	7
Antecedentes de investigación .....	9
Planteamiento del problema.....	11
Estructura de la tesis .....	12
Capítulo 1. Marco teórico .....	13
1.1. Áreas verdes urbanas .....	13
1.1.1. Arbolado urbano.....	15
1.2. Tipologías de áreas verdes urbanas.....	19
1.2.1. Infraestructura vial y áreas verdes urbanas .....	27
1.3. Marco legal de las áreas verdes urbanas.....	32
1.3.1. Marco legal de las áreas verdes urbanas de Morelia.....	36
1.4. Beneficios de las áreas verdes urbanas.....	37
1.4.1. Ambientales.....	37
1.4.2. Económicos .....	38
1.4.3. Sociales .....	39
1.5. Corredores verdes.....	40
1.5.1. Metodologías empleadas en el establecimiento de corredores verdes.....	41
1.5.2. Experiencias y casos prácticos en el ámbito internacional y nacional.....	41
Capítulo 2. Caracterización del área de estudio .....	44
2.1. Características físico - geográficas.....	44
2.1.1. Tipos de rocas, relieve y suelo .....	44
2.1.2. Clima, recursos hídricos, vegetación.....	44
2.2. Características socio - económicas.....	45
2.2.1. Crecimiento urbano de la ciudad de Morelia .....	45
2.2.2. Población.....	47
2.2.3. Economía .....	48
2.3. Áreas verdes urbanas en la ciudad de Morelia.....	49
2.3.1. Antecedentes del estado actual de las áreas verdes urbanas.....	50
2.3.2. Periférico Paseo de la República.....	52
Capítulo 3. Materiales y Métodos .....	54
3.1. Diseño e implementación del inventario del arbolado público urbano.....	55
3.2. Establecimiento de tipologías para áreas verdes lineales a partir de su configuración vial.....	60
3.3. Determinación de áreas de oportunidad.....	64

3.4. Identificación de corredores verdes urbanos.....	66
Capítulo 4. Resultados.....	68
4.1. Inventario del arbolado público urbano.....	68
4.1.1. Especies identificadas en el periférico.....	70
4.1.2. Daños del arbolado público urbano a la infraestructura vial .....	73
4.2. Tipologías para áreas verdes urbanas lineales .....	77
4.3. Áreas de oportunidad identificadas en el periférico.....	84
4.2. Corredores verdes .....	85
Capítulo 5. Discusión .....	88
5.1. Inventario del arbolado público urbano.....	88
5.2. Tipologías para áreas verdes urbanas lineales .....	90
5.3. Áreas de oportunidad .....	91
5.4. Corredores verdes.....	91
Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones .....	93
Recomendaciones .....	95
Referencias Bibliográficas.....	96
Anexos.....	110
Anexo 1. Tipologías para áreas verdes lineales a partir de su configuración vial ....	110
Anexo 2. Distribución de los Árboles en el Periférico Paseo de la República .....	114
Anexo 3. Distribución de Mixtos en el Periférico Paseo de la República.....	115
Anexo 4. Distribución de Arbustos en el Periférico Paseo de la República .....	115
Anexo 5. Especies encontradas en el periférico Paseo de la República .....	116
Anexo 6. Muestras tomadas en campo de especies en el Periférico .....	118



## Introducción

Desde finales del siglo XX la planificación de las áreas verdes es un concepto que ha tomado fuerza ante la creciente revaloración del verde urbano. Estas áreas generan diferentes beneficios ambientales, sociales y económicos, convirtiéndose en un importante elemento de la configuración urbana; es por ello, que muchos gobiernos realizan o mantienen inventarios de áreas verdes para desarrollar programas de monitoreo y establecer políticas públicas para su adecuado manejo (Van de Voorde, 2016). Dentro de los beneficios ambientales se encuentran: almacenamiento y retención de carbono, protección contra la erosión del suelo, retención de las aguas pluviales, mitigación de los efectos de la isla de calor urbana, disminución de la contaminación por ruido, prevención de deslizamientos y control de inundaciones (Nowak *et al.*, 1997; Sorensen *et al.*, 1998; Galindo y Victoria, 2012; López, 2013; Pastor *et al.*, 2014).

En el ámbito social mejoran la salud física de las personas al aumentar su actividad física, lo que contribuye a la disminución de los niveles de colesterol, obesidad, enfermedades cardiovasculares, etc. A su vez, ayudan en el funcionamiento cognitivo en niños y adultos, disminuyen la fatiga mental y el estrés, reducen el riesgo de trastornos psiquiátricos en la vida adulta, de manera que estos espacios pueden ser un soporte para la restauración psicológica (Nowak *et al.*, 1997; Escobedo *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2016; Kaczynski y Henderson, 2007; Maas, 2008; Mitchell y Popham, 2008; Dron y Blaudin-de-Thé, 2012). También generan beneficios económicos como: creación de puestos de trabajo, diversificación de la economía local, fortalecimiento social y económico de las áreas de cohesión social, mayor valor de la propiedad y mejores oportunidades de ocio y turismo en las ciudades (Luttik, 2000; McLain *et al.*, 2012; Torrè, 2012; Pastor *et al.*, 2014).

En el proceso de planificación de las áreas verdes urbanas se requiere conocer el objeto a planificar, por ello se debe inventariar las áreas verdes, clasificarlas y evaluarlas (Peña, 2016). Por lo que, los inventarios de arbolado urbano son una herramienta que permite diagnosticar de forma práctica y efectiva las condiciones en las que se encuentran las poblaciones arbóreas que constituyen el arbolado, elemento configurador dentro de las áreas verdes urbanas (González, 1983). La finalidad de estos inventarios es muy variada, y obedece a las condiciones y necesidades de cada ciudad, siendo las más comunes: determinar la localización de cada árbol y su densidad; definir el número de individuos, composición de especies y edad; definir y cuantificar los trabajos de mantenimiento (podas, derribos, reubicaciones, control de plagas y enfermedades, fertilización y reposiciones) y

determinar los daños a la infraestructura urbana (González, 1983; Rojo, 2006; Benavides, 2015).

Por otra parte, para la clasificación de las áreas verdes se establecen tipologías que diferencian los espacios de acuerdo a su superficie, diseño arquitectónico, función (ambiental, social y económica) y metas sociales (Falcón, 2007; Flores y González, 2010). Existe una gran diversidad de tipologías, las que difieren entre países, ciudades o regiones metropolitanas, ello se debe, a las particularidades geográficas, necesidades sociales y estrategias o programas que trazan los gobiernos; así como, su implementación en los planes territoriales de las ciudades a través del tiempo (Falcón, 2007; González, 2010; Lotta, 2012; Cantó, 2014; CEA, 2014; Feria y Santiago, 2017; Rodríguez y Aguilera, 2016; Tovar, 2016).

La planificación de áreas verdes urbanas también requiere de mecanismos para su evaluación, por ello, se han desarrollado nuevos parámetros de evaluación denominados indicadores, que difieren de los tradicionales porque son multifuncionales, es decir, no solo miden los efectos de un fenómeno, sino que también establecen la interrelación con las causas (Peña, 2016). De acuerdo con el Observatorio Mundial Urbano del Centro de Naciones Unidas, un indicador es una medición que resume información acerca de un tema en particular, que puede mostrar tendencias, proveer información cuantitativa y cualitativa y ayudar a priorizar y definir metas (ONU, 1999). Los corredores verdes urbanos son un indicador que evalúa el porcentaje de tramos calificados por su funcionalidad al conectar áreas verdes, en relación a los tramos totales del sector evaluado (RDRDLS, 2010).

Dentro de este orden de ideas, la correcta planificación de las áreas verdes urbanas de la ciudad de Morelia puede aumentar los beneficios ambientales, sociales y económicos que estas generan en la urbe, y de esta forma, garantizar un mejor bienestar y calidad de vida de sus habitantes. Por ello, las áreas verdes lineales ligadas a la infraestructura vial como el Periférico Paseo de la República deben ser incluidas en este proceso, ya que pueden ser un elemento clave en la conexión de todas las áreas verdes de la urbe, y de esta forma cambiar la visión que se tiene de ellas, ya sea como espacios residuales del crecimiento urbano de las ciudades o como elementos secundarios con fines mayormente estéticos. De este modo, esta investigación constituye un aporte a la planificación de las áreas verdes urbanas, ya que la metodología desarrollada podría replicarse para ciudades con áreas verdes lineales de características análogas; y a su vez, al desarrollo de políticas públicas encaminadas a la revaloración del verde urbano en las ciudades.

## Antecedentes de investigación

La planificación de áreas verdes urbanas es un tema que ha tenido diferentes enfoques y cuyos antecedentes en el plano internacional se remontan al siglo XIX. Las primeras iniciativas estuvieron encaminadas a la creación de parques tanto en el contexto europeo como en el estadounidense. Posteriormente, estos programas empezaron a incluir el tema del mejoramiento de la salud de la población mediante la creación de leyes y reformas para el establecimiento de espacios abiertos con ambientes limpios y para hacer ejercicio (Rutherford *et al.*, 1994). Durante el período de 1910 y 1940, en contraste con las tendencias que se venían implementando, surge en los Estados Unidos un movimiento estético urbano denominado Ciudades Bellas, que promovió el desarrollo de grandes y monumentales parques públicos, a pesar de esto, el paradigma declinó y se volvió obsoleto; en 1960 se enfocó nuevamente en las áreas verdes, pero esta vez con una función social desde la perspectiva recreacional y deportiva (Cliff, 1982).

Sin embargo, el componente ambiental estaba ausente en la planificación de estos espacios, y no fue hasta la década de 1970 que emergió una nueva tendencia en Europa y Estados Unidos que defendía el ambiente y los postulados teóricos de vanguardia en temas de planificación de la época (Palomo, 2003). Para 1987 se adoptó un nuevo paradigma, el desarrollo sustentable, que llevado al ámbito del desarrollo urbano, implicó el rediseño de políticas y la creación de un marco institucional con acciones económicamente viables, ecológicamente factibles y socialmente aceptables. De este modo, surgió una visión de largo plazo e intergeneracional que determina en tres dimensiones (ambiental, social, económica) la contribución de las áreas verdes urbanas al desarrollo sustentable (Peña, 2016). Desde ese momento, los estudios de las áreas verdes urbanas en el ámbito internacional se han desarrollado en las siguientes direcciones:

- Determinación de superficie verde total, superficie verde por habitante, superficie por tipo de área verde (Canosa *et al.*, 2003; Duval y Benedetti, 2017; Hernández, 2008).
- Generación de inventarios de arbolado urbano (Alanís, 2005; Madrigal y Gómez, 2007; Rodríguez, 2010; Saavedra *et al.*, 2016; Morales *et al.*, 2018).
- Estudios de arbolado urbano y su implementación en los programas de ordenamiento territorial de las ciudades (Lotta, 2012; Cantó, 2014; CEA, 2014; Rodríguez y Aguilera, 2016; Tovar, 2016; Feria y Santiago, 2017).

- Generación de tipologías para áreas verdes urbanas (ODPM, 2002; Falcón, 2007; Flores y González, 2010; Lotta, 2012; Cantó, 2014; CEA, 2014; Rodríguez y Aguilera, 2016; Tovar, 2016; Fera y Santiago, 2017).
- Valoración de los servicios ambientales, sociales y económicos derivados de las áreas verdes urbanas (Nowak *et al.*, 1997; Sorensen, 1998; Calaza, 2012; Lemus *et al.*, 2014; Vásquez, 2015).
- Evaluación de los indicadores de las áreas verdes urbanas (RDRDLS, 2010; Peña, 2016; FIPRODEFO & IIEG, 2018).

En México también se han realizado avances en este sentido. Los estudios se agrupan en:

- Generación de inventarios de arbolado de alineación (Segura, 1992; Villalón, 1992; Falcón, 1994; Valdez, 1995; Tecnigral S.L, 2015, Saavedra *et al.*, 2016; Gallo, 2017; Villadermos, 2018; Ramos, 2019).
- Generación de inventarios de arbolado en parques y jardines (González, 1984; Martínez, 1989; Alanís, 2005; Rojo, 2006; Madrigal y Gómez, 2007; Rodríguez, 2010, Benavides, 2015).
- Elaboración de tipologías para áreas verdes urbanas (León, 2008; Lara *et al.*, 2012; Tzoni, 2015; Peña, 2016).
- Creación de indicadores para evaluar las áreas verdes urbanas (Peña, 2016; FIPRODEFO & IIEG, 2018).

Por su parte, las investigaciones realizadas en la ciudad de Morelia han seguido este mismo patrón. En algunas de ellas se determinó la superficie verde total, superficie verde por habitante y superficie por tipo de área (Antamián y García, 2005; Vargas, 2008); en otras se identificaron las especies presentes en algunas zonas de la metrópoli (Madrigal - Sánchez y Gómez, 2007). Algunos autores como León (2008) determinaron los problemas existentes en la planificación y diseño de las áreas verdes; por último, Lara *et al.*, (2012) evaluó la condición de las áreas verdes en la ciudad a partir de la medición componentes como calidad, integridad funcional y accesibilidad. En la gran mayoría de estos estudios se determinó que las áreas verdes de la ciudad presentan altos niveles de fragmentación, desigualdades en su distribución, diferencias en su calidad y fuertes procesos de degradación, principalmente las de carácter público; resultados que reflejan la urgente necesidad del replanteamiento de la política actual de las áreas verdes, fijando estrategias que permitan su integración a un modelo funcional urbano que genere beneficios ambientales, sociales y económicos a la ciudad (Lara *et al.*, 2012).

## Planteamiento del problema

En la ciudad de Morelia, se carece aún de instrumentos metodológicos que permitan la planificación de las áreas verdes lineales como el Periférico Paseo de la República. El arbolado público urbano que ocupa esta vialidad es considerado como un elemento estético, razón por la cual existe falta de información sobre su estado actual, composición, calidad y beneficios que puede generar. Por otra parte, las tipologías de áreas verdes urbanas propuestas en la literatura, se han desarrollado en su mayoría para grandes espacios verdes como plazas, parques y jardines urbanos ya sean privados o públicos; y aunque en algunas se incluyen las áreas verdes lineales asociados a sistemas viales no se establece una tipología a partir de la configuración vial que presentan estas áreas.

En este orden de ideas, la ausencia de un método para determinar áreas de oportunidad (áreas sin vegetación con posibilidad de reforestar) en elementos viales como banquetas y camellones, así como, la falta de una propuesta metodológica que permita identificar áreas con potencial para ser corredores verdes son otros de los problemas reconocidos en la planificación de estas áreas en la metrópoli.

Por ello, el **objetivo general** de la investigación es analizar desde una perspectiva geoespacial el arbolado público urbano en el Periférico Paseo de la República de la ciudad de Morelia. Para su cumplimiento, se proponen los siguientes **objetivos particulares**:

1. Elaborar el inventario georreferenciado del arbolado público urbano localizado en el periférico.
2. Proponer una tipología para las áreas verdes lineales a partir de su configuración vial.
3. Identificar y cuantificar las áreas de oportunidad dentro de los elementos viales que conforman el libramiento.
4. Diseñar una propuesta metodológica que identifique áreas con potencial para ser corredores verdes que conecten las áreas verdes urbanas al interior y exterior del periférico.

## **Estructura de la tesis**

La tesis se encuentra estructurada en seis capítulos, como se describe a continuación:

En el Capítulo 1 se revisa la definición de áreas verdes urbanas; se introducen conceptos relacionados al arbolado urbano y la metodología para inventariarlo; se analizan diversas clasificaciones de áreas verdes urbanas para definir una tipología para áreas verdes lineales, así como definiciones de los elementos que componen las vialidades; se aborda el marco legal y los beneficios ambientales, sociales y económicos de las áreas verdes; por último se introduce el término de corredores verdes, las metodologías empleadas para determinarlos y algunos ejemplos en el ámbito nacional e internacional.

En el Capítulo 2 se realiza una caracterización de los componentes físicos, sociales y económicos de la ciudad de Morelia donde se encuentra localizado el periférico Paseo de la República, así como de los sectores que componen a esta importante vialidad. Se aborda además, el proceso de planificación de las áreas verdes en la ciudad y los antecedentes de su estado actual.

En el Capítulo 3 se presenta la metodología empleada para realizar el inventario del arbolado público urbano en el periférico; se proponen las tipologías para áreas verdes lineales teniendo en cuenta su configuración vial a partir de las combinaciones matemáticamente posibles de los elementos viales base; se identifican y cuantifican las áreas de oportunidad en estos elementos viales en todo el periférico, y por último, se propone una metodología para determinar áreas en esta vialidad que pueden ser corredores verdes.

En el Capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos en el inventario del arbolado público urbano en cuanto a su distribución, especies encontradas y daños a la infraestructura vial; se muestran además las tipologías, áreas de oportunidad y áreas con potencial para ser corredores verdes determinadas en el periférico.

En el Capítulo 5 se realiza una discusión del desarrollo del estudio en cuanto a la metodología empleada, las limitaciones encontradas y los resultados obtenidos.

En el Capítulo 6 se presentan las conclusiones generales de la investigación.

## Capítulo 1. Marco teórico

### 1.1. Áreas verdes urbanas

El término de áreas verdes ha sido definido por numerosos autores como áreas o espacios que se caracterizan por la presencia dominante de vegetación (árboles y arbustos) en áreas naturales y artificiales (Barradas y J-Seres, 1988; Krishnamurthy y Nascimento 1998; Salvador, 2003; Falcón, 2007; Santiago, 2008; Pawiowicz, 2010). De acuerdo a esta definición, cualquier espacio con vegetación es un área verde, sin diferenciar su tamaño, composición, ubicación, uso o propiedad, dificultando la conceptualización generalizada del término, lo que ha propiciado el surgimiento de nuevos y diversos términos, como bosque urbano, espacios verdes, infraestructura verde y áreas verdes (Peña, 2016).

Bosque urbano es un concepto empleado en las dependencias gubernamentales e instituciones estadounidenses relacionadas con la forestación urbana. Hace referencia a los árboles en propiedad pública y privada, en las calles, en áreas residenciales, parques y desarrollos comerciales, así como en otras partes dentro de la ciudad (USDA Forest Service, 1999; Georgia Forestry Commission, 2001).

Los espacios verdes, por otra parte, es el término empleado en el contexto europeo, en países como Inglaterra, Francia, Austria o España (Varese y Bertelli, 2001; ODPM, 2002; Bordes-Pagès, 2002; Ries *et al.*, 2002; Ayuntamiento de Madrid, 2019). Hace alusión a la tierra sin desarrollar, no necesariamente para uso recreacional, que provee una visión positiva y contribuye a enriquecer el ambiente de los centros urbanos. Estos espacios se presentan en una gran variedad de formas: parques públicos, jardines ornamentales, campos verdes asociados a vivienda, instituciones, propiedades comerciales, industriales y educacionales, campos de juegos privados y públicos, jardines privados, vialidades y ciclistas.

Dentro de este marco, la infraestructura verde se define como una red estratégicamente planificada de espacios de alto valor natural y áreas seminaturales junto a otros elementos ambientales, diseñados y gestionados para aportar un amplio rango de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad en asentamientos rurales y urbanos (CONAMA, 2014).

Por su parte, el término áreas verdes se emplea en México y algunos países de América Latina. En el caso específico de México, las definiciones son muy variadas y dependen de las diferentes normatividades; una de ellas es La Guía de Áreas Verdes para Desarrollos

Habitacionales editada en el Consejo Nacional de la Vivienda (CONAFOVI) que considera a las áreas verdes como aquellas áreas con superficie cubierta de vegetación que tengan 10 m<sup>2</sup> por unidad espacial, discurre como tales a los parques urbanos (10 000 y 1 000 000 m<sup>2</sup>), los jardines públicos (2 500 y 10 000 m<sup>2</sup>), los camellones (2 m y 3 m lineales), las banquetas y los jardines privados (CONAFOVI, 2005).

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP, 1979) las define como aquella vegetación localizada en los espacios públicos, es decir, parques, jardines, unidades deportivas, zoológicos, camellones, banquetas, glorietas y otras áreas como plazas o espacios abiertos entorno a edificios de servicio público.

Por otra parte, la Ley Ambiental del Distrito Federal (ALDF, 2000) las delimita como la superficie cubierta por vegetación natural o inducida cuyos excedentes de lluvia o riego pueden infiltrarse al suelo natural. Esta ley en su artículo 87 considera áreas verdes a: parques y jardines, plazas ajardinadas o arboladas, jardineras, zonas con cualquier cubierta en la vía pública, alamedas y arboledas, promontorios, cerros, colinas, elevaciones y depresiones orográficas, pastizales naturales y áreas rurales de producción forestal, agroindustrial o que presenten servicios eco turísticos, barrancas, zonas de recarga de mantos acuíferos y las demás áreas análogas.

El Reglamento Ambiental y Sustentabilidad del Municipio de Morelia (2005) las delimita como toda superficie que ha sido destinada para conservar cobertura vegetal natural o inducida, contribuyendo a la infiltración de agua al subsuelo y al mejoramiento paisajístico y ambiental, existiendo diversas categorías al respecto.

Teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación se decidió emplear el concepto de área verde urbana propuesto por Peña (2016) que incluye todos los tipos de espacios, tanto los provistos por vegetación y los constituidos también por otro tipo de instalaciones o edificaciones. La definición que se empleará es la de aquel suelo localizado dentro de la mancha urbana o áreas urbanas periféricas, dentro del límite del centro de población constituido predominantemente por superficies permeables como tierra, provistas con cubrepisos, arbustos o árboles y eventualmente otro tipo de superficies impermeables o edificaciones menores, de carácter público o privado, ya sea de origen natural o acondicionado y que pueden desempeñar funciones ambientales, sociales o productivas.



### 1.1.1. Arbolado urbano

El arbolado urbano es entendido como aquellas zonas con árboles, arbustos y otros tipos de vegetación dentro de las ciudades, a la vez que abarca una gran diversidad de hábitat, espacios y funciones en los cuales, específicamente, los árboles producen una gran variedad de beneficios ambientales, sociales y económicos (CONAF, 2014; Tecnigral S.L, 2015; Gallo, 2017) tales como:

- Regulación térmica, gracias a la sombra que dan en verano y al paso de sol que permiten en invierno.
- Mejora del paisaje y del patrimonio natural, cultural y turístico de las ciudades.
- Mejora psicológica del ciudadano al generar sensaciones de relajación y bienestar.
- Reducción del ruido, la contaminación atmosférica y el polvo generado por la actividad humana.
- Regulación de la escorrentía y fijación del suelo.
- Aumento de la biodiversidad en el medio urbano debido al permitir el paso de fauna silvestre.

En función de su uso, el arbolado urbano se puede clasificar en público y privado; se considera público el que se emplaza en las vías de circulación, parques, jardines, plazas, y en equipamientos de carácter público, mientras que, el privado es el que se encuentra en los predios particulares (Tecnigral S.L, 2015; Tzoni, 2015). Este estudio abordará el tema del arbolado público urbano y para ello se utilizarán los siguientes conceptos:

Abundancia: Porcentaje en que cada una de las especies se encuentra dentro de su comunidad con respecto al total (CONAFOR, 2010).

Árbol: Planta con crecimiento primario (altura) y secundario (grosor que da origen al leño) simultáneo, que muestra un solo tallo y que no ramifica desde la base o cerca de ella, alcanzando alturas superiores a los 5 m de altura en su etapa adulta (Velázquez *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2018).

Arbusto: Planta con crecimiento primario y secundario simultáneo que normalmente ramifica desde la base o cerca de ella, dando origen a uno o varios tallos (fustes) de diámetros muy similares que no exceden los 5 m de altura (Velázquez *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2018).

Cobertura vegetal: Es la percepción aérea del conjunto de plantas que cubren la superficie de un área determinada (Kent y Coker, 1992).

Especie: Grupo taxonómico inferior al nivel de género, con un nombre genérico y un epíteto específico, compuesto por organismos que comparten características fenotípicas y genotípicas capaces de intercambiar material genético entre si y generar descendencia fértil (H. Ayuntamiento de Morelia, 2005; CONAFOR, 2010; Velázquez *et al.*, 2012).

Especie nativa: Especie originaria o autóctona de un área determinada, que prevalece consistentemente en su hábitat natural. Su presencia en esa área es el resultado de fenómenos naturales sin la introducción directa o indirecta o la acción de los seres humanos (FAO, 2012; CONAFOR, 2018).

Especie introducida: Especie presente fuera de su hábitat natural debido a la dispersión intencionada o accidental por actividades humanas (FAO, 2012).

Familia: Grupo taxonómico inferior al nivel de orden y superior al nivel de género (CONAFOR, 2010).

Forestación: Plantación y cultivo de vegetación forestal en terrenos preferentemente forestales o temporalmente forestales con propósitos de conservación, restauración o aprovechamiento (CONAFOR, 2010; CONAFOR, 2018). La forestación urbana se refiere a la actividad de plantar árboles en terrenos no forestales como son las áreas verdes urbanas (H. Ayuntamiento de Morelia, 2005).

Género: Grupo taxonómico formado por especies que tienen rasgos fundamentales similares. Clasificación botánica por debajo de la familia y por encima del nivel de especie (CONAFOR, 2010).

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): Es la diferencia normalizada entre la reflectancia de la banda infrarroja y la roja. El NDVI permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial, así como, la evolución de su estado a lo largo del tiempo (Gonzaga, 2014). La ecuación es la siguiente:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

Donde:

NIR = reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al infrarrojo cercano.

R = reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al rojo.

Mixto: Planta leñosa que se comporta primero como arbusto y luego como árbol según las condiciones ecológicas a las que se expone, además de que es una propiedad inherente a la especie (Morales *et al.*, 2018).

Nombre científico: Son nombres únicos empleados por los especialistas en botánica con el auxilio de la literatura científica para identificar las especies con precisión y de manera universal (Morales *et al.*, 2018).

Nombre común: Son los nombres locales empleados para identificar las especies y pueden variar según la región o el país. Se establece a la par con el nombre científico y los nombres son verificados con la literatura científica (Morales *et al.*, 2018).

Reforestación: Establecimiento inducido o artificial de vegetación forestal en terrenos con aptitud preferentemente forestal (H. Ayuntamiento de Morelia, 2005; CONAFOR, 2010).

Riqueza: Se define como el número de especies presentes en un área determinada (CONAFOR, 2010).

Siguiendo este orden de ideas, al arbolado público urbano debe cumplir los siguientes requisitos para que su implementación en las ciudades sea un éxito (Tecnigral S.L, 2015):

- Debe ser seguro: los árboles deben tener una estructura estable y segura, en caso de que un ejemplar presente un nivel de riesgo alto deben tomarse las medidas necesarias para disminuirlo incluyendo la posibilidad de poda.
- No debe tener problemas fitosanitarios que puedan suponer un riesgo para otros ejemplares del arbolado.
- No debe generar conflictos graves por el espacio como interferencias con el tránsito de peatones o del tráfico, ocultar señales, tapar las luminarias, levantar el pavimento, etc.
- No debe producir frutos que generen alergias, tóxicos, manchas o puedan producir caídas a los transeúntes.
- No debe generar costes exagerados en su mantenimiento, no amortizables por los beneficios que proporcione.

#### **1.1.1.1. Inventario del arbolado público urbano**

Los inventarios de arbolado público urbano son una herramienta imprescindible en la planeación de las ciudades, al permitir diagnosticar de forma práctica y efectiva las condiciones de este importante elemento urbano. A su vez, permiten orientar las políticas

que se adopten en el futuro con respecto al arbolado urbano, al dejar establecido como y cuando se deberá intervenir; y, también la posibilidad de regularizar el sistema de tareas técnico-administrativas a través de estandarizaciones y normativas que permitan llevar a cabo una eficiente gestión, mejorando el estado real del arbolado urbano tanto en su aspecto estético como funcional (Duval y Benedetti, 2017). Existen diversos métodos para el levantamiento de los inventarios de arbolado público urbano que se eligen de acuerdo a las necesidades y condiciones, así como los objetivos, el tiempo, la economía y los recursos con los que se cuente.

Teniendo en cuenta la idea anterior, los inventarios se dividen en dos grupos de acuerdo a la continuidad con la que se van a realizar (Sacksteder y Grehold, 1979):

1. Periódicos: En ellos no se prevé su actualización o retroalimentación de información, es decir, están hechos para un determinado lapso de tiempo (entre 5 y 10 años) y no se obtiene la ubicación específica de cada árbol.
2. Continuos: La información se actualiza con cierta frecuencia (cada 5 años). En este caso se analiza cada árbol y se mantiene un registro de él durante el curso de su vida. Es importante mencionar que en muchas ocasiones por causas de carácter presupuestal o de mala planeación, los inventarios continuos pueden degenerarse, convirtiéndose en inventarios de una sola vez, por lo que se recomienda poner especial cuidado en su programación, asignación de presupuesto y una clara definición de sus objetivos.

Los inventarios también se clasifican de acuerdo a la selección de la población, estos se dividen en tres grupos (Sacksteder y Grehold, 1979):

1. Total: Se registran datos en todos los árboles de la población. La información resultante es exacta, salvo casos de errores humanos en la toma de datos o en su procesamiento.
2. Muestreo: En ellos sólo se toman datos de una porción predeterminada (del 5 al 50%), mediante los cuales, son estimadas las características generales de la población. En este tipo de inventarios se emplean unidades de muestreo que pueden ser árboles, arbolado en bloques o calles, las cuales deben seleccionarse de tal forma que sean representativas de la población.
3. Parcial: Es una variación de un inventario total. Se usa generalmente en ciudades que no pueden pagar un inventario completo y establecen áreas de mayor importancia o calles particularmente importantes.

En México los inventarios de arbolado urbano se han desarrollado en dos direcciones: generación de inventarios de arbolado de alineación (arbolado presente en calles y avenidas) e inventarios de arbolado en parques y jardines. En el primer caso, estos estudios se han realizado con el objetivo de conocer el comportamiento de las diferentes especies, establecer la cantidad total de árboles por especie, su distribución y el número de árboles faltantes, determinar especies idóneas para plantar, conocer el estado sanitario de los árboles para planificar las intervenciones (podas, extracciones, tratamientos fitosanitarios y forestación (Segura, 1992; Villalón, 1992; Falcón, 1994; Valdez, 1995; Tecnigral S.L, 2015, Saavedra *et al.*, 2016; Gallo, 2017; Villadermos, 2018; Ramos, 2019).

Por otra parte, los inventarios y estudios del arbolado en parques y jardines permiten definir el número de individuos, composición de especies, edad, condición, dimensiones, necesidades de mantenimiento, densidad y localización de los árboles en estos espacios (González, 1984; Martínez, 1989; Alanís, 2005; Rojo, 2006; Madrigal y Gómez, 2007; Rodríguez, 2010, Benavides, 2015).

## **1.2. Tipologías de áreas verdes urbanas**

En el proceso de planificación de las áreas verdes urbanas se deben tener en cuenta los diversos elementos que las estructuran para poder inventariarlas, clasificarlas y evaluarlas. Con este propósito, se establecen tipologías que diferencian los espacios de acuerdo a su superficie, diseño arquitectónico, función (ambiental, social y económica), etc. (Flores y González, 2010).

Una característica que se debe tener en cuenta para establecer las tipologías, es que las áreas verdes pueden ser privadas o de acceso restringido, y, públicas o de libre acceso (Falcón, 2007). Las privadas son aquellas de acceso restringido, compuestas generalmente por jardines, parcelas ornamentales y agrícolas, estanques, senderos, patios y construcciones temporales como invernaderos (Loram *et al.*, 2006). Mientras que, las plazas, parques, bosques, áreas deportivas y de peatones son de carácter público (Lara *et al.*, 2012).

En este sentido, existe una gran diversidad de tipologías lo que revela las diferentes concepciones que se tienen sobre las áreas verdes dependiendo de las especificaciones propias de cada región o país, marcos legales y de ordenamiento territorial (Falcón, 2007). A nivel internacional los principales referentes en el establecimiento de las tipologías de

áreas verdes son Estados Unidos, Inglaterra, España, Alemania, países que están en la vanguardia de la planeación urbana, regional y ambiental (Peña, 2016).

Un ejemplo de tipología para los espacios verdes en función de los usos, dotaciones, tamaño y funcionalidad de cada una de las zonas verdes es el caso del Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad de la Ciudad de Madrid, España (Ayuntamiento de Madrid, 2019). Esta tipología establece los siguientes elementos:

Parques y zonas de recreo está se subdivide en: parques de ciudad, parques o jardines históricos, parques o jardines botánicos, parques o jardines urbanos, parques zoológicos, espacios verdes institucionales, jardines privados, cementerios, instalaciones deportivas, parques forestales, espacio fluvial.

Solares: vegetación espontánea o solares.

Edificios verdes: balcones verdes, jardines verticales, cubiertas vegetales y atrium.

Vegetación seminatural: huertos urbanos, viveros y cultivos agrícolas.

Calles e infraestructuras: arbolado viario, calles verdes, infraestructura ajardinada, vías ferroviarias y elementos verdes móviles.

Por otra parte, en Gran Bretaña, la Guía de Planeación Número 17: Planeación de los espacios abiertos, deporte y recreación plantea una tipología jerárquica de espacios verdes urbanos basada en una clasificación de categorías que integra los diferentes tipos de espacios verdes, con la ventaja de permitir diversas categorías que pueden ser agregadas o subdivididas, dependiendo del nivel de detalle que se requiera (ODPM, 2002).

Las cuatro grandes categorías son:

- a) Espacios verdes para el esparcimiento urbano
- b) Espacios verdes funcionales
- c) Hábitats seminaturales
- d) Espacios verdes lineales

Los espacios verdes para el esparcimiento urbano son aquellos espacios diseñados, en principio, como parte del equipamiento urbano de una ciudad, tanto para el embellecimiento visual como para desarrollar actividades recreativas, siendo predominantemente espacios de propiedad y manejo públicos, pero también pueden ser privados, que contribuyen en la fabricación de los espacios verdes en la ciudad (ODPM, 2002). Los subtipos son:

- a) Parques y jardines: áreas verdes diseñadas específicamente para acceso público para el entretenimiento, combinando una serie de paisajes y elementos hortícolas (algunas veces incluye hábitats seminaturales) e instalaciones públicas (incluyendo edificaciones) y, en algunos casos, instalaciones deportivas o de juegos. A una pequeña escala pueden incluir jardines comunales. Los parques, dependiendo de su área de influencia, naturaleza, superficie y servicios que ofrezcan, pueden ser metropolitanos (más de 8 ha), distritales (hasta 8 ha), de barrio (hasta 4 ha) y locales (hasta 1.2 ha).
- b) Áreas informales recreativas: áreas verdes disponibles para acceso público y entretenimiento, pero con una limitada provisión de servicios. Usualmente están constituidas por pasto para actividades informales recreativas, pero también pueden tener árboles, juegos infantiles, andadores y, algunas veces, sanitarios y estacionamientos.
- c) Áreas para deporte al aire libre: espacios diseñados para alojar instalaciones deportivas; puede incluir campos deportivos, de juego, de golf u otras actividades al aire libre.
- d) Áreas de juego: espacios verdes diseñados específicamente para que jueguen los niños, con varios tipos de instalaciones y servicios; estas áreas pueden estar separadas o integradas dentro de los parques, áreas de recreación informal o áreas deportivas al aire libre.
- e) Espacios verdes accesorios o secundarios: espacios que, aunque son públicos, no tienen una función recreativa clara y tienen escaso valor como hábitat. Su función es usualmente como un paisaje verde con un diseño pobre.
- f) Jardines domésticos: espacios verdes que generalmente no son de acceso público porque pertenecen a un propietario individual, pero pueden contribuir significativamente en el paisaje urbano de la ciudad.

Los espacios verdes funcionales son espacios verdes cuya función principal no es la recreativa o de servicio, aunque algunas de estas áreas pueden tener acceso público. La función principal puede ser agrícola, hortícola, cementerios u otros usos educacionales o de alguna institución pública. Su acceso generalmente es por acuerdos o por ser derechos de vía (ODPM, 2002). Los subtipos son:

- a) Granjas: espacios para el cultivo o agrícolas que pueden incluir áreas recreativas o con funciones educativas como las ciudades - granja.

- b) Huertas: espacios verdes disponibles para miembros del público que se dedican a cultivar vegetales o frutales para su propio consumo.
- c) Cementerios: espacios para entierros, incluyendo algunos patios de iglesias.
- d) Campos escolares: espacios verdes de escuelas que pueden incluir campos, instalaciones deportivas, áreas de juego, jardines, granjas o espacios verdes secundarios.
- e) Otros campos institucionales: espacios verdes de edificios públicos como universidades, colegios, hospitales o asociados con desarrollos industriales o comerciales que incluyen jardines o áreas deportivas.

Los espacios verdes seminaturales son aquellos espacios integrados por hábitats seminaturales. Estos hábitats pueden ser áreas naturales que se preservaron dentro de la mancha urbana de las ciudades o que se crearon por procesos naturales como la colonización y sucesión de plantas en áreas abandonadas o que fueron creadas deliberadamente por iniciativas de forestación urbana o restauración de tierras abandonadas. Todos estos hábitats contribuyen de una manera vital al paisaje urbano y pueden ser o no accesibles al público (ODPM, 2002). Los subtipos son:

- a) Humedales: espacios verdes integrados predominantemente por hábitats húmedos, incluyendo cuerpos de agua, ciénegas, pantanos o arroyos con vegetación riparia.
- b) Bosques: toda clase de bosques, incluyendo desde los más antiguos hasta los más recientes, ya sean plantaciones o cinturones verdes.
- c) Páramos o brezales: áreas que se constituyen principalmente de especies ericáceas y que pueden incluir pasto o arbustos de brezales.
- d) Pastizales: áreas no agrícolas como praderas o pastizales calcáreos, pueden incluir vegetación establecida para restaurar áreas abandonadas, pero no forman parte de espacios verdes recreativos.
- e) Campos alterados: tierra que ha sido alterada por desarrollos previos u otro uso del suelo y que se encuentra abandonada, con basura o desperdicios, pero que se recolonizará por un proceso de sucesión natural.

Los espacios verdes lineales son aquellos espacios que se presentan en asociación con elementos lineales, especialmente con rutas de transporte como caminos, trenes y canales, pero también con ríos y arroyos. Su principal diferencia con los espacios verdes seminaturales o los espacios verdes funcionales es su característica lineal y que



generalmente son parte estratégica de la estructura urbana de una ciudad (ODPM, 2002).

Los subtipos son:

- a) Ríos y canales: espacios verdes que se desarrollan a lo largo de las márgenes de canales o ríos y forman parte del corredor.
- b) Corredores de transporte: áreas verdes asociadas con algún tipo de transporte como caminos, vías del ferrocarril, ciclistas o andadores peatonales, generalmente incluyen pasto, arbustos y árboles.
- c) Otros elementos lineales: áreas verdes a lo largo de acantilados, costas, etc.

En América Latina, la tipología propuesta por Riveros *et al.*, (2015) constituye una base conceptual y experimental para el estudio de los espacios verdes lineales en la ciudad de Santiago de Chile. Esta se compone de los siguientes tres tipos de espacios:

- Espacios Verdes Lineales Simples (EVLs): fueron identificados por razón de elongación, donde valores cercanos a 1 indican formas circulares y valores altos de elongación indican formas lineales, para este caso se seleccionaron los valores de elongación  $\geq 3$ .
- Espacios Verdes Lineales Complejos (EVLc): fueron identificados por su dimensión fractal (DF), donde valores cercanos a 1 indican formas simples y cercanas a 2, formas complejas. Para este caso en particular, se seleccionaron EVL con  $DF \geq 1,5$ .
- Espacios Verdes Lineales Discontinuos (EVLd): fueron definidos por el índice del vecino más cercano en donde la distancia entre fragmentos no será mayor a 30 metros.

Para el caso de México, también se han establecido tipologías para las áreas verdes urbanas. En este sentido, el Departamento del Distrito Federal en la Ciudad de México, considera la siguiente tipología (León, 2008):

1. En espacios para la interacción social: incluye básicamente los parques existentes o de nueva creación, de todos tamaños, las plazas y explanadas.
2. En la vialidad: comprende tanto a la vialidad intraurbana como a la interurbana. La primera incluye las áreas verdes en andadores, cerradas, vías locales, secundarias, primarias, ejes viales y vías de acceso controlado. En cuanto a la vialidad interurbana se consideraron autopistas, carreteras, caminos rurales, senderos y vías del ferrocarril.
3. En vivienda: áreas verdes en todos los tipos de agrupamientos de viviendas.

4. En espacios para la educación, la cultura, el deporte y la recreación: es una tipología bastante amplia ya que en ella, quedan comprendidas las áreas verdes de todos los tipos de espacios especializados en la educación (jardines de niños, primarios, secundarios, etc.), en la cultura (teatros, bibliotecas, museos, etc.), en el deporte (estadios, gimnasios, etc.) y, en la recreación (ferias, centros sociales, etc.).
5. En servicios urbanos: comprende las áreas verdes en cementerios, basureros, lotes y edificios para estacionamientos y gasolineras.
6. Industria: considera las áreas verdes en los límites de la industria, tales como enredaderas, arbustos, etc.
7. En infraestructura: los derechos de vía en líneas de alta tensión se deberán reforestar con arbustos o árboles pequeños.
8. En servicios de administración, de seguridad y de justicia: considera áreas verdes en oficinas, estaciones de bomberos, etc.
9. En servicios de salud: comprende áreas verdes en clínicas y hospitales.
10. En servicios de asistencia: áreas verdes en espacios tales como casas de cuna, guarderías, orfanatorios, velatorios, etc.
11. En espacios para comercio y abasto: áreas verdes en bodegas, frigoríficos, tianguis, mercados, rastros, etc.
12. En servicios de transporte: áreas verdes en terminales de autobuses, estaciones, terminales, talleres del metro, etc.
13. En otros elementos: tales como bordes, retenes, taludes, azoteas, canteras y zonas erosionadas.

Por otra parte, la tipología de Tzoni (2015) divide a las áreas verdes en dos categorías: urbanas o naturales, las primeras son las que se localizan en suelo urbano y las segundas las que se encuentran fuera de él. Su régimen de propiedad puede ser privado o público, en esta última instancia su competencia puede ser municipal, estatal o federal. Los elementos que la conforman son:

1. Áreas verdes urbanas públicas (Municipal, Estatal y Federal): parques (lineales, urbanos, metropolitanos, etc.), paseos, jardines, plazas ajardinadas, camellones, rotondas, isletas, cementerios, canchas deportivas, gimnasios al aire libre, riberas de ríos, arbolado en banquetas, arbolado urbano disperso y áreas naturales protegidas.

2. Áreas verdes urbanas privadas: jardines de casas, jardines en instituciones, jardines en industrias, canchas deportivas, clubs de golf, cementerios y zonas agrícolas.
3. Áreas verdes naturales públicas (Municipal, Estatal y Federal): aquella superficie continental con cubierta vegetal propiedad de la nación (ANP, riberas de ríos, cerros, etc.).
4. Áreas verdes naturales privadas: aquella superficie continental con cubierta vegetal de propiedad privada.

Otra tipología es la propuesta por Lara *et al.*, (2012) que tiene en cuenta características tales como: equipamiento, vegetación y cantidad de superficie impermeable, todas ellas observadas en las áreas verdes en Morelia (Figura 1), y también, considera aspectos de la tipología propuesta por el Greenspace Scotland Reseach Report.

Categoría de área verde	Características
Áreas naturales	Áreas cubiertas en su totalidad por vegetación remanente o nativa, abarcando grandes extensiones. Cuentan con una protección legal para el resguardo de especies nativas o de importancia biológica. Tienen asociado equipamiento básico para actividades al aire libre. El manejo y mantenimiento es mínimo.
Áreas semi-naturales	Espacios cubiertos por vegetación que emula la original, aunque toda la vegetación es introducida. Carecen de cualquier tipo de equipamiento. El manejo y mantenimiento de estas áreas es mínimo.
Jardines y parques públicos	Áreas diseñadas, construidas, manejadas y mantenidas por el gobierno o vecinos. Presentan generalmente una equitativa superficie destinada a equipamiento y vegetación introducida. Pueden estar dotadas de equipamiento básico, hasta equipamiento muy sofisticado para el desarrollo de actividades.
Jardines, parques o terrenos privados	Cualquier área verde que cumpla con los requerimientos del más del 50% de vegetación y superficie mínima. Están asociados a fraccionamientos privados.
Vías verdes	Corredores lineales desarrollados sobre infraestructura vial existente. Su ancho es mayor a 5 metros, y presentan una alta densidad arbórea. Algunos presentan equipamiento.
Espacios cívicos	Lugares con una mayor superficie impermeable que superficie verde, compuestos por jardineras con plantas de ornato. Cuentan con una buena dotación de equipamiento básico.

Figura 1. Tipología utilizada para la clasificación de las áreas verdes urbanas de Morelia.

Dentro de este marco de ideas, la tipología de Peña (2016) se adecua al marco legislativo y normativo existente en México y divide las áreas verdes urbanas en públicas y privadas, agrupándolas en cinco grandes sistemas, que se subdividen en 12 subsistemas que comprenden alrededor de 50 elementos. Los sistemas son: áreas verdes para el equipamiento urbano, áreas verdes funcionales, áreas verdes naturales y acondicionadas, áreas verdes productivas y áreas verdes privadas (Figura 2).

Tipo	Sistema	Subsistema	Elemento
P Ú B L I C O S	Áreas verdes para el equipamiento urbano	Recreación	Plaza cívica, juegos infantiles, jardín vecinal, parque de barrio, parque urbano, área de ferias y exposiciones y espectáculos deportivos.
		Deporte	Módulo deportivo, centro deportivo, unidad deportiva, ciudad deportiva, gimnasio deportivo, alberca deportiva, salón deportivo.
		Otro tipo de equipamiento	Centros educativos Áreas verdes en torno a edificios públicos Cementerios.
	Áreas verdes funcionales	Vial	Camellones Glorietas Banquetas Corredores verdes.
		Natural	Áreas naturales protegidas federales, estatales o municipales, corredores riparios Ríos, cañadas, colinas, cuerpos de agua.
	Áreas verdes naturales y acondicionadas	Acondicionado	Ríos, canales, drenes, presas, cinturones verdes.
P R I V A D O S		Áreas verdes productivas	Agropecuario
	Industrial		Parques industriales Zonas industriales.
	Áreas verdes privadas	Comercial	Centros comerciales, corredores comerciales.
		Turístico	Complejos turísticos Hoteles.
		Habitacional	Jardines residenciales, patios, frentes de predios.
Otros de acceso privado	Campos de golf Clubes deportivos Cementerios Áreas verdes en torno a edificios de oficinas o centros educativos Predios baldíos.		

Figura 2. Tipología para Áreas Verdes en México: el caso de Mexicali, Baja California.

Fuente: Peña, 2016.

Cada una de las tipologías mencionadas aporta elementos para caracterizar las áreas verdes urbanas, sin embargo, presentan limitaciones: la mayoría no diferencia entre las de carácter público o privado, algunas sólo hacen referencia a los espacios dedicados a la recreación o el deporte y otras sólo a parques, plazas y jardines; por último, las que incluyen a las áreas verdes en las vialidades sólo hacen referencia a su localización sin tener en cuenta su configuración vial.

### **1.2.1. Infraestructura vial y áreas verdes urbanas**

En la actividad funcional de una ciudad, se identifican un conjunto de elementos dentro de los cuales destacan las vialidades, mismas que sustentan el desarrollo de la actividad diaria de sus habitantes, al facilitar la articulación, el traslado y la interacción de su población así como el traslado de bienes y servicios. En la ciudad de Morelia, la estructura vial está compuesta por diferentes tipos de arterias, que de acuerdo a sus características constructivas y de funcionamiento, forman la red vial.

Se entiende por red vial al conjunto de vías terrestres que constituyen una estructura celular, que aloja en su interior y conecta entre sí al conjunto de núcleos que forman la propia ciudad, permitiendo el desplazamiento y comunicación con los diferentes polos de desarrollo como: producción, vivienda, educación, recreación, servicios, etc. (INEGI, 2012).

Dentro de esta red vial se encuentran las vialidades urbanas, que son el conjunto integrado de vías de uso común que conforman la traza urbana, cuya función es facilitar el tránsito eficiente y seguro de personas y vehículos. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-034-STC2-2003. Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de abril de 2005, se describen y clasifican las vialidades urbanas de acuerdo a sus características físicas y funcionales (INEGI, 2012):

1. Vía primaria: espacio físico cuya función es facilitar el flujo del tránsito vehicular continuo o controlado por semáforos, entre distintas áreas de una zona urbana, con la posibilidad de reserva de carriles exclusivos, destinados a la operación de vehículos de emergencia.
  - a. Vía de circulación continua: vía primaria cuyas intersecciones generalmente son a desnivel; las entradas y las salidas están situadas en puntos específicos, con carriles de aceleración y desaceleración. En algunos casos cuentan con calles laterales de servicio en ambos lados de los arroyos centrales separados por camellones. Estas vías pueden ser:
    - i. Anular o periférica: vía de circulación continua perimetral, dispuesta en anillos concéntricos que intercomunican la estructura vial en general.
    - ii. Radial: vía de circulación continua que parte de una zona central hacia la periferia y está unida con otras radiales mediante anillos concéntricos.
    - iii. Viaducto: vía de circulación continua, de doble circulación, independiente una de otra y sin cruces a nivel.

- b. Arteria principal: vía primaria cuyas intersecciones son controladas por semáforos en gran parte de su longitud, que conecta a los diferentes núcleos de la zona urbana, de extensa longitud y con volúmenes de tránsito considerables. Puede contar con intersecciones a nivel o desnivel, de uno o dos sentidos de circulación, con o sin faja separadora; puede contar con carriles exclusivos para el transporte público de pasajeros, en el mismo sentido o en contraflujo. Las arterias principales pueden ser:
    - i. Eje vial: arteria principal, generalmente de sentido único de circulación preferencial, sobre la que se articula el sistema de transporte público de superficie y carril exclusivo en el mismo sentido o en contraflujo.
    - ii. Avenida primaria: arteria principal de doble circulación, generalmente con camellón al centro y varios carriles en cada sentido.
    - iii. Paseo: arteria principal de doble circulación de vehículos con zonas arboladas, longitudinales y paralelas a su eje.
    - iv. Calzada: arteria principal que al salir del perímetro urbano, se transforma en carretera o que liga la zona central con la periferia urbana, prolongándose en una carretera.
2. Vía secundaria: espacio físico cuya función es facultar el flujo del tránsito vehicular no continuo, generalmente controlado por semáforos entre distintas zonas de la ciudad. Estas vías pueden ser:
- a. Avenida secundaria o calle colectoras: vía secundaria que liga el subsistema vial primario con las calles locales; tiene características geométricas más reducidas que las arterias principales, pueden tener un tránsito intenso de corto recorrido, movimientos de vueltas, estacionamiento, ascenso y descenso de pasaje, carga y descarga, y acceso a las propiedades colindantes.
  - b. Calle local: vía secundaria que se utiliza para el acceso directo a las propiedades u está ligada a las calles colectoras; los recorridos de tránsito con cortos y volúmenes son bajos, generalmente son de doble sentido. Pueden ser:
    - i. Residencial: calle en zona habitacional.
    - ii. Industrial: calle en zona industrial.
  - c. Callejón: vía secundaria de un solo tramo, en el interior de una manzana con dos accesos.
  - d. Cerrada: vía secundaria en el interior de una manzana, con poca longitud, un solo acceso y doble sentido de circulación.

- e. Privada: vía secundaria localizada en el área común de un predio y de uso colectivo de las personas propietarias o poseedoras del predio.

En dependencia del tipo de vialidad se pueden encontrar los diferentes elementos viales (DGGA, 2015; SEMOVEP, 2018):

Arroyo vehicular: Espacio de una vialidad destinado para el tránsito de vehículos.

Banqueta: Es el espacio público destinado a la circulación o la permanencia de los peatones que permite accesos cómodos, seguros y universalmente accesibles en la vía pública. Se conforma por tres zonas longitudinales paralelas a la vialidad y sus dimensiones dependen del tipo de calle y de su nivel de servicio (Figura 3):

- a) Zona de fachada: espacio cuya función es la de protección del peatón de elementos arquitectónicos salientes o de servicio, así como de escalones o rampas hacia viviendas o comercios. También se utiliza como espacio de transición donde se da un uso regulado a establecimientos que lo requieren como espacio de recreación y esparcimiento para la convivencia. El ancho de esta zona deberá ser mínimo de 15 cm y su aumento dependerá de dotar espacio extra a comercios y servicios. En zonas comerciales funciona también como espacio para la permanencia del peatón.
- b) Zona de sendero o circulación peatonal: espacio para la circulación peatonal que garantiza el desplazamiento seguro, cómodo y libre de cualquier obstáculo del peatón. El ancho mínimo en vialidades locales deberá de ser de 1.50 m, y en banquetas igual o menores a 1.50 m el ancho mínimo será de 0.90 m. Por otra parte, en vialidades primarias deberá tener un mínimo de 2.40 m, es decir que, el ancho de esta zona dependerá del tipo de vialidad, así como del nivel de servicio peatonal que reciba la banqueta.
- c) Zona de borde o equipamiento: espacio conformado por la guarnición y el espacio de mobiliario urbano como: luminarias, bancas, kioscos, árboles, bici estacionamientos, contenedores de residuos, etc. En esta zona se pueden albergar las rampas de acceso a los predios, así como semáforos, señalización, registros, etc.

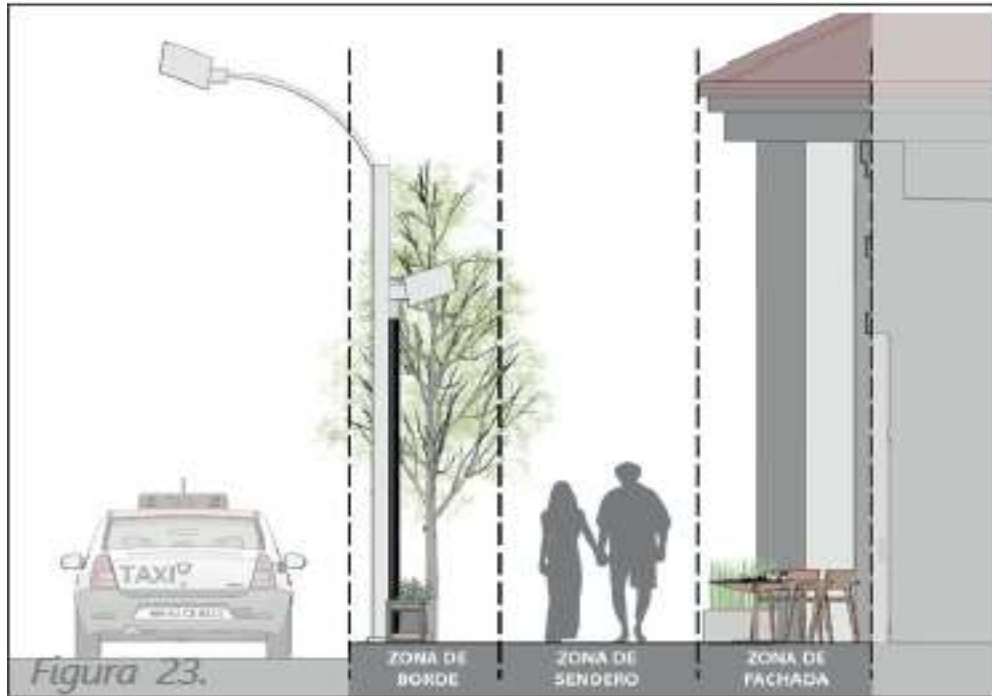


Figura 3. Representación de elemento vial banqueta.

Fuente: Elaboración propia.

**Camellones:** Son franjas situadas longitudinalmente a la mitad de una carretera o vialidad (arroyo vehicular) que tiene la finalidad de separar físicamente los dos sentidos de tráfico, impidiendo el paso entre carriles de dirección contraria, a la vez que organiza el flujo vehicular en el entronque con otras avenidas, distribuyendo de manera ordenada y segura a los vehículos (Figura 4).



Figura 4. Representación de elemento vial camellones.

Fuente: Elaboración propia.



Enlace: Son elementos presentes en las intersecciones que forman isletas que mejoran la circulación y disminuyen el riesgo de accidentes. También se utilizan en carreteras que presentan camellones o fajas separadoras, para salir de carriles centrales a laterales o viceversa (Figura 5).

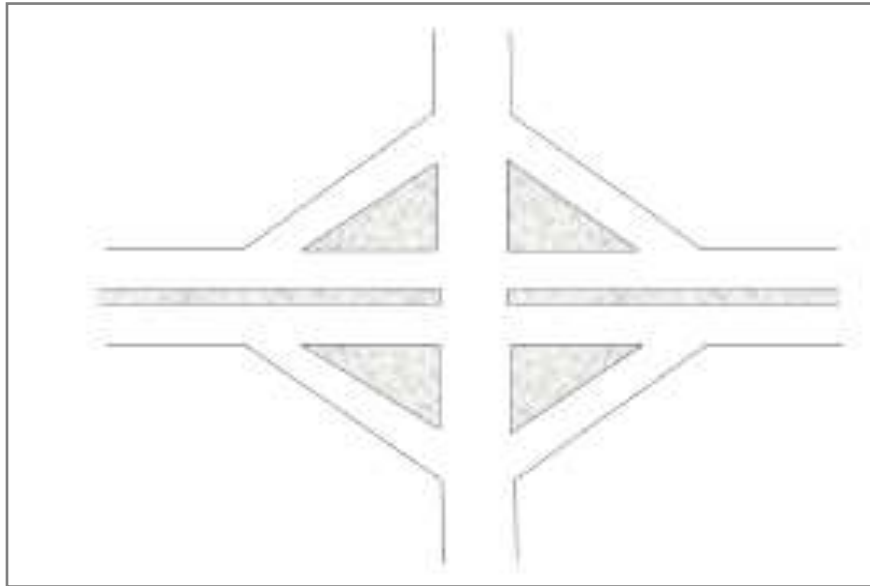


Figura 5. Representación de elemento vial enlace.

Fuente: Elaboración propia.

Glorieta: Es una intersección en la red vial que tiene como propósito regular el flujo del tráfico, reduciendo los tiempos de espera fuera de horas pico. Estas se componen por una isleta central alrededor de la cual se ubica la calzada anular por la que transitan circularmente los autos, y también, puede componerse por islas triangulares que canalizan el tránsito hacia el carril anular. Las islas centrales generalmente pueden contener vegetación, la cual no deberá superar una altura de 1 m desde el nivel de la calle para permitir la visibilidad de los autos, también puede contener otros elementos escultóricos poco densos que den identidad. Los diámetros recomendados para las isletas centrales en glorietas urbanas van desde los 10 m hasta los 30 m (Figura 6).



Figura 6. Representación del elemento vial glorieta.

Fuente: Elaboración propia.

### 1.3. Marco legal de las áreas verdes urbanas

La mayoría de las ordenanzas en las ciudades no contemplaron las áreas verdes urbanas en el tiempo que fueron creadas, y las burocracias gubernamentales han sido lentas a la hora de actualizarlas. Es por ello, que el manejo de estas áreas muchas veces necesita ajustarse al marco legal existente, y las leyes y reglamentos promulgados por los diferentes niveles de gobierno sean diseñados de tal manera que se complementen entre sí (Sorensen *et al.*, 1998).

En el caso de México, no fue hasta principios del siglo XXI que el Gobierno del Distrito Federal (GDF), a través de su Secretaría del Medio Ambiente (SMA), implementó diversas estrategias para conocer, normar y desarrollar las áreas verdes urbanas. En el 2000 a través de la Ley Ambiental del Distrito Federal se definió el concepto de áreas verdes mencionado anteriormente. En el año 2002, el GDF realizó la reforma a la Ley Ambiental del Distrito Federal con el fin de regular y proteger las áreas verdes en la que se propuso un esquema de participación, no sólo del mismo gobierno sino de otras instancias en los programas de desarrollo urbano (Meza y Moncada, 2010). Las premisas básicas de esta reforma fueron:

- El cumplimiento y la observancia del Programa General de Ordenamiento Ecológico del D. F.
- El cuidado de la proporción de áreas verdes y edificaciones en la ciudad.
- La construcción, rehabilitación, administración, fomento y vigilancia de las áreas verdes.
- Evitar la extracción de tierra, cubierta vegetal o cualquier otro material que pueda producir afectaciones a los recursos naturales.
- Cuidar la conservación de la extensión de las áreas verdes, evitando ocuparlas con obras o instalaciones que se contrapongan a su función.
- Cuidar que los trabajos de remoción o retiro de árboles, así como las tareas de mantenimiento, mejoramiento y conservación a desarrollarse en estas áreas, se sujeten a la normatividad establecida por la Secretaría del Medio Ambiente.
- Promover el uso de agua tratada para el riego de las áreas verdes.
- Promover la participación social en los programas de forestación, cuidado, mantenimiento y fomento de programas recreativos y culturales (Ley Ambiental 2000).

A su vez, esta Ley Ambiental propuso las siguientes disposiciones:

- Elaborar un inventario general de las áreas verdes del Distrito Federal, generado por los propios inventarios delegacionales, que deberán ser actualizados periódicamente.
- El desarrollo de programas delegacionales de manejo de áreas verdes.
- La elaboración de las normas ambientales para el cuidado, fomento y manejo de áreas verdes, como la Norma Ambiental NADF-001-RNAT-2002, publicada en el 2003, que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas públicas y particulares que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el Distrito Federal; y la Norma Ambiental NADF-006-RNAT-2004, que establece los requisitos que deben cumplir las autoridades, personas físicas y morales que realicen actividades de fomento, mejoramiento y mantenimiento de áreas verdes públicas, que permite unificar criterios, lineamientos y formas de trabajo acordes a las necesidades y condiciones de las áreas verdes del Distrito Federal.

Para el 2003 se realizó el primer inventario de áreas verdes de la entidad, dando cumplimiento al artículo 88Bis 2 de la Ley Ambiental del Distrito Federal, para servir, junto

con la normatividad específica en esta materia, como instrumento de gestión para el diseño y ejecución de política pública de mejoramiento, mantenimiento e incremento de las áreas verdes (Meza y Moncada, 2010). En los años siguientes del 2006 al 2016 se realizaron inventarios de arbolado urbano y, a partir, del 2013 hasta la fecha, los censos de arbolado están geoposicionados árbol por árbol (PAOT, 2016).

Por otra parte, en la norma NADF-006-RNAT-2004 se delimitó el concepto de área verde pública como: toda superficie cubierta de vegetación natural o inducida, localizada en bienes del dominio público del Distrito Federal y contemplada en alguna de las categorías previstas en el artículo 87 de la Ley Ambiental del Distrito Federal. Esta incluye una categoría de mayor protección y conservación para áreas verdes de la zona urbana, denominada área de valor ambiental (AVA), la cual, con base en el artículo 90 bis, establece que ésta se encuentra conformada por bosques urbanos y barrancas. Si bien las AVA son áreas verdes, son zonas que físicamente tienen mayores dimensiones y generalmente presentan vegetación más conservadora o nativa de la zona (PAOT, 2010).

Otro insumo legal en el Distrito Federal que contiene elementos favorables para cuidar y valorar el arbolado de las zonas urbanas es la Ley de Salvaguarda del Patrimonio Urbanístico Arquitectónico del Distrito Federal. En ella están considerados los parques urbanos para su protección y se definen como: espacio abierto ajardinado, de carácter público, en donde se realizan actividades recreativas y culturales cuyo objetivo es elevar la calidad de vida de los habitantes del asentamiento humano en que se ubica. Asimismo en su artículo 15 fracción I, se determina como monumento urbanístico a las especies de ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*), sauces (*Salix humboldtiana*), ahuejotes (*Salix bonplandiana*), fresnos (*Fraxinus undhe*) y cedros (*Cupressus lindleyi*). Para que esta ley aplique se requiere que el espacio abierto objeto de la misma, sea declarado Patrimonio Urbanístico Arquitectónico por ley o por decreto del Jefe de Gobierno (PAOT, 2010).

Para el año 2013 la Ley Ambiental del Distrito Federal cambió su nombre a Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal. En esta ley en su artículo 10 fracción III plantea que las delegaciones deberían etiquetar un porcentaje de su presupuesto anual que garantice el mantenimiento, la protección, la preservación, la vigilancia de las áreas verdes y barrancas de su demarcación. Además esboza que las delegaciones que tenían un porcentaje mayor de 9 metros cuadrados de área verde por habitante no deberían permitir por ningún motivo su disminución, mientras que las delegaciones que no contarán

con estos metros cuadrados debían incrementarlo buscando alternativas para crear nuevas áreas verdes (PAOT, 2016).

Otras de las disposiciones de esta ley son las normas: NADF-001-RNAT-2012 que establece las actividades de fomento, mejoramiento y mantenimiento de las áreas verdes en el DF; y NADF-001-RNAT-2015 que se refiere a las podas, derribos, trasplantes y restitución de arbolado en la Ciudad de México (anteriormente Distrito Federal) (PAOT, 2016). Por otro lado, esta ley considera que el cuidado de las áreas verdes de la ciudad difícilmente puede alcanzarse sin la participación ciudadana, por ello es importante incorporar a través de campañas, eventos a la ciudadanía (Meza y Moncada, 2010).

En materia ambiental, las instituciones y autoridades a las que les corresponde el cuidado de las áreas verdes son el Jefe de Gobierno, la Secretaría de Medio Ambiente y las Delegaciones. En materia urbana son: el Jefe de Gobierno, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda y las Delegaciones; sin embargo, con el objeto de proteger el derecho de los habitantes del Distrito Federal a disfrutar de un ambiente sano y un territorio ordenado, la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F (PAOT) es la autoridad ambiental encargada de promover y vigilar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas de protección ambiental y del ordenamiento territorial (PAOT,2010).

Aun cuando existen ordenamientos jurídicos para la definición y manejo de las áreas verdes la mayoría se restringe a la Ciudad de México. A su vez, las normativas de arbolado urbano existen en cinco municipios y tres entidades federativas que cuentan con normas y/o reglamentos que indican los criterios a seguir para la realización de podas, trasplantes y derribos de arbolado, así como dos normas de aplicación estatal y una para el Distrito Federal. Tanto los reglamentos como las normas existentes, marcan claramente los tipos de poda y derribos, así como los criterios para realizarlos, sin embargo existe una diferencia en las herramientas a utilizar, las sanciones y la forma en que debe realizarse la restitución del arbolado que es derribado. De manera específica, las normas que aplican para el estado de Oaxaca, así como para el Distrito Federal, son las únicas que incluyen los tabuladores para estimar el número de árboles que corresponden a la restitución del arbolado derribado y en el caso de requerirse, indican la forma de estimar la equivalencia de la restitución en montos económicos. La norma del Distrito Federal anexa los formatos para la elaboración de los dictámenes técnicos, así como para el levantamiento del arbolado, permitiendo con ello contar con criterios homogéneos de la información que se levanta en campo (PAOT, 2010).

### **1.3.1. Marco legal de las áreas verdes urbanas de Morelia**

La definición y diseño de las políticas de áreas verdes urbanas de Morelia se encuentra asentada en el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán (CDUEM, 2017). Esta ley específica de lo general a lo particular, la importancia de la preservación ecológica, reservas y áreas verdes; a la vez que, determina la participación conjunta de autoridades y ciudadanos para el cuidado de las áreas verdes.

Por otra parte, en el Reglamento para las Áreas Verdes del Municipio de Morelia (2004) se determina el cuidado y mantenimiento de estas áreas. Para ello, se plantean lineamientos dirigidos a la conservación, mantenimiento, fomento y cuidado de las mismas por parte del municipio y de sus ciudadanos. La dirección de Parques y Jardines, autoridad municipal es la encargada del cuidado de las áreas verdes urbanas del centro histórico y camellones del periférico; y las tareas que desarrolla son: implementación de sistemas de riego, control de plagas y enfermedades, fertilización del suelo, reinserción de vegetación, mantenimiento de equipamiento, derribo y poda de árboles, limpieza y poda de arbolado en los ríos Chiquito y Grande, entre otras programas. Por su parte, las Áreas con Categoría Especial de Protección o Áreas Naturales Protegidas se encuentran dentro de la Ley Ambiental y de Protección del Patrimonio Natural del Estado de Michoacán de Ocampo, y, las autoridades estatales son las encargadas de mantener estas áreas con lineamientos particulares de manejo (Lara *et al.*, 2012).

Sin embargo, dentro de este marco legal existen algunos problemas que afectan la política de las áreas verdes urbanas. El primero de ellos, es el área verde mínima de dotación que los fraccionadores deben aportar de los nuevos desarrollos urbanos que construyen. El CDUEM en su artículo 297 plantea que los desarrolladores de los fraccionamientos habitacionales urbanos deberán donar el 3% de la superficie total del desarrollo al gobierno del Estado para ser destinada como áreas verdes. Así como también un 5% del área total al Ayuntamiento, para establecer única y exclusivamente obras o instalaciones para equipamiento urbano y un 5% del área total del desarrollo como área verde a favor del Ayuntamiento (CDUEM, 2017). El problema con estas áreas de dotación, es que en el caso del 3% de área verde no especifica otra información más que el reverdecimiento del área, y existe falta de información sobre el establecimiento de vegetación y el equipamiento de estas áreas.

En segundo lugar el establecimiento de políticas de áreas verdes urbanas por diferentes instancias gubernamentales ocasiona que no exista una guía única para la definición, diseño, cuidado y mantenimiento de estas áreas, lo que repercute negativamente en la funcionalidad de estos espacios. Por último, la creación de estas áreas en Morelia ha seguido diferentes lineamientos, cambiando con las diferentes leyes de desarrollo urbano de cada administración, sin una estrategia de planeación y proyección futura (Lara *et al.*, 2012).

#### **1.4. Beneficios de las áreas verdes urbanas**

Las áreas verdes generan un conjunto de beneficios esenciales en el bienestar y en la calidad de vida de los habitantes de los centros urbanos. Estos lugares se pueden concebir, desde un punto de vista ambiental, como elementos que influyen directamente sobre el medio ambiente urbano y, desde un punto de vista social y económico, como generadores de impactos y beneficios directos en la ciudades (Martínez *et al.*, 2016).

##### **1.4.1. Ambientales**

Las plantas contribuyen a la mejora de la calidad del aire al reducir las partículas de polvo y emisiones de dióxido de carbono provenientes de las fuentes contaminantes en las urbes, así como, los gases tóxicos originados por los escapes de los vehículos que constituyen parte importante del *smog* urbano (Nowak *et al.*, 1997). Aumentan el confort humano al aminorar los efectos de la isla de calor urbana, disminuyen la contaminación por ruido y reducen los costos asociados al enfriamiento de edificios en climas cálidos (Sorensen *et al.*, 1998). Una barrera de árboles o arbustos densos, ayuda en la contención de los vientos dominantes en un clima frío y/o seco impidiendo que la temperatura y la humedad no descendan más por este factor. Por el contrario, en un clima cálido y/o húmedo, la correcta alineación de la vegetación conduce a que los vientos reduzcan la temperatura y humedad del sitio (Galindo y Victoria, 2012).

Dependiendo de las características de sus raíces (profundidad, extensión, dimensiones, etc.), los árboles cumplen un papel importante en el control de la erosión y en la estabilización de taludes, lo que ayuda en la prevención de deslizamientos y en el control de inundaciones. La presencia de vegetación en áreas de captación de agua ayuda al control de la erosión y protección de las cuencas hidrográficas, fuente de suministro de agua potable de los centros urbanos; así mismo contribuye a la regulación del ciclo hídrico, ya que las hojas de los árboles interceptan las gotas de lluvia y dosifican su paso hacia el

suelo, sus raíces lo retienen, minimizando la erosión y permiten el paso del agua hacia el subsuelo para la recarga de los mantos acuíferos (López, 2013).

Otros beneficios que brindan estas áreas es que sus desechos sólidos pueden ser reciclados, y con ello, obtener alimentos para animales, fertilizante agrícola y abono orgánico para mejorar la calidad de los suelos; así como también reducen el volumen de desperdicios urbanos y por lo tanto los costos de disposición final de dichos residuos (Sorensen *et al.*, 1998). Por otra parte, en lugares donde hay parques y vegetación, las especies locales y migratorias pueden encontrar hábitats adecuados; en este sentido, los cinturones y corredores verdes pueden convertirse en corredores biológicos para un amplio rango de especies de plantas y animales que habitan en las áreas colindantes (Sorensen *et al.*, 1998).

#### **1.4.2. Económicos**

La proximidad a las áreas verdes aumenta el valor de la propiedad, ejemplo de ello, son las propiedades cercanas a parques, cuerpos de agua o con atractivas vistas al paisaje que tienen un mayor valor que propiedades con las mismas características pero en otro lugar, debido a que, los compradores le atribuyen valor a las áreas verdes, por lo que están dispuestos a pagar más por una propiedad cerca de este espacio (Crompton, 2001). Sin embargo, en ocasiones el principio de proximidad funciona a la inversa, disminuyendo el precio de los inmuebles cercanos a las áreas verdes con una alta tasa de criminalidad, altos niveles de ruido y contaminación (Luttik, 2000).

Otro potencial económico de estas áreas es la agricultura urbana, la cual está generando una reevaluación de la producción alimentaria en las ciudades, a través de huertos urbanos, jardines comunitarios y la producción de alimentos orgánicos a pequeña escala. Estas nuevas prácticas contribuyen al fortalecimiento social y económico de las áreas de cohesión social en las ciudades, y, juegan un papel importante en la educación y sensibilización de la población de forma económica, sanitaria y ambiental en cuanto al consumo de alimentos (McLain *et al.*, 2012; Torr , 2012). También, proveen productos forestales y forraje en los lugares donde hay demanda de estos bienes, especialmente en regiones áridas de América Latina y el Caribe (Sorensen *et al.*, 1998). A su vez, contribuyen a la producción de grandes cantidades de biomasa para el suministro de agrocombustible o transformación en energía (McLain *et al.*, 2012).



### 1.4.3. Sociales

La presencia de áreas verdes en las ciudades genera beneficios en la salud física, salud mental y en el bienestar de las personas que habitan estos espacios. La cercanía a estas áreas fomenta estilos de vida activos, generando un aumento de la actividad física en las personas lo que contribuye con la disminución de la obesidad, los niveles de colesterol, el riesgo de hipertensión, la diabetes mellitus tipo II y las enfermedades cardiovasculares (Martínez *et al.*, 2016; Kaczynski y Henderson, 2007; Maas, 2008; Mitchell y Popham, 2008; Dron y Blaudin-de-Thé, 2012). Además, reduce el tiempo de exposición de las personas a los rayos ultravioletas y en consecuencia, disminuye los riesgos de los daños a la salud tales como, cáncer de piel y cataratas (Heisler *et al.*, 1995 citado en Sorensen *et al.*, 1998).

Desde el área de la psicología, los estudios realizados evidencian las vinculaciones entre la presencia de áreas verdes y la salud mental, entendiéndose por salud mental como: el estado de bienestar que permite a los individuos realizar sus habilidades, afrontar el estrés normal de la vida, trabajar de manera productiva y fructífera, y hacer una contribución significativa a sus comunidades (OMS, 2004 citado en Martínez *et al.*, 2016). Dentro de los beneficios a la salud mental se encuentran la reducción de la fatiga mental y el estrés, mejora del funcionamiento cognitivo en niños y adultos (mejor concentración, mejora en las habilidades de observación y capacidad de razonar) y cambios positivos en los estados emocionales (Martínez *et al.*, 2016).

A su vez, Egemann *et al.*, (2019) en su investigación muestra que la presencia de áreas verdes durante la infancia está asociado con un mejor estado de salud mental, disminuyendo el riesgo de presentar un amplio espectro de trastornos psiquiátricos en la vida adulta, tales como: trastorno del estado del ánimo, trastorno depresivo único y recurrente, trastorno neurótico, relacionado con el estrés y síntomas somáticos, de manera que estas áreas pueden ser un soporte para la restauración psicológica.

Otros beneficios sociales que tienen estas áreas son, fomento del sentido de identidad y pertenencia de las personas con estos espacios (Martínez *et al.*, 2016; Galindo y Victoria, 2012); reducción del comportamiento social negativo (como agresión y violencia) lo que genera puntos de actividad pública más seguros para la relajación y recreación (Heidt y Neef, 2008) convirtiendo estos espacios en centros de actividad social, lo que se traduce en el aumento de la integración social.

## 1.5. Corredores verdes

Los corredores verdes o corredores ambientales son espacios singulares que han ido cobrando importancia por su función de conexión entre los diferentes elementos de las áreas verdes. En entornos suburbanos suelen estar configurados por sendas verdes, fluviales y vías pecuarias, mientras que, cuando penetran en la ciudad adoptan el carácter de paseos arbolados o bulevares. La Asociación Europea de Vías Verdes (2000) los define como: vías de comunicación autónomas reservadas a los desplazamientos no motorizados, desarrolladas en un marco de desarrollo integrado que valore el medio ambiente y la calidad de vida, cumpliendo las condiciones suficientes de anchura, pendiente y calidad superficial para garantizar una utilización en convivencia y seguridad a todos los usuarios de cualquier capacidad. En este sentido, el uso de los caminos de servicio de canales y de las vías ferroviarias abandonadas constituye un soporte privilegiado para el desarrollo de estas vías verdes (Jiménez, 2013).

En este sentido, los corredores verdes urbanos, entendidos como franjas con presencia dominante de vegetación son un camino apto para el ser humano que discurre entre elementos naturales, bien los contenga o sean percibidos desde él. Para que estos cumplan plenamente su función deben tener las siguientes características: linealidad (calles, veredas, ciclovías, red de movilidad); conectividad (potencial conexión entre plazas, barrios, centros de atracción, áreas verdes); multifuncionalidad (usos múltiples, circulación, comercio, ocio); desarrollo sostenible (reducción del uso de combustibles fósiles, fomento del no transporte como caminatas y andar en bicicleta, aumento de la forestación urbana); y, retención de partículas en suspensión y absorción de gas gracias a la forestación (Bonatto, 2016).

La presencia de estos corredores contribuye a la protección de la biodiversidad, ayuda en la gestión del agua, brinda oportunidades de recreación, fortalece la cohesión cultural y comunitaria, crea identidad, protege la circulación de la vida silvestre y crea rutas de dispersión (Forman,1995). Una característica que sobresale es que reducen la fragmentación de la naturaleza, y cuanto más ancho, estratificado y complejo sea el corredor, mayor será la biodiversidad observada; sin embargo, la función del hábitat no es la principal, sino su capacidad de funcionar como un conductor o eje de circulación para el ser humano (Penteado y Alvarez, 2007).

### **1.5.1. Metodologías empleadas en el establecimiento de corredores verdes**

Dentro de los estudios para determinar corredores verdes urbanos se han desarrollado diferentes enfoques metodológicos, uno de ellos es el empleo de fotografías aéreas y mapas para identificar áreas con vegetación significativa que presenten condiciones de conexión, seguido de visitas exploratorias para confirmar la información (Penteado y Alvarez, 2007; Benito, 2014; Bonatto, 2016).

El otro enfoque empleado es el uso de las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG). En este sentido, existen numerosas investigaciones (Riveros *et al.*, 2015; Vázquez, 2015; Van de Voorde, 2016, Rodríguez *et al.*, 2019) que utilizan imágenes de alta resolución para determinar a través del análisis de imágenes basado en objetos la presencia o ausencia de vegetación en los corredores verdes, completando el estudio con una clasificación simple basada en el umbral de vegetación (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, NDVI). En este mismo orden de ideas, estas herramientas se utilizan también en el análisis de rutas de menor costo empleado para identificar los corredores factibles para conectar parches de hábitat existentes y así conformar red de espacios verdes (Cannas *et al.*, 2018; Ersoy, Jorgensen y Warren, 2019; Yoon, Kim y Lee, 2019; Zhang *et al.*, 2019).

Otro aspecto importante a tener en cuenta dentro de los enfoques metodológicos empleados en estos estudios es la evaluación de los valores de uso (circulación peatonal y ciclistas, potencial de socialización), ecológico, recreativo, histórico y cultural; potencial conexión; estructura física (espacio de forestación, ancho de aceras, instalaciones de electricidad y teléfono); calidad y diversidad de elementos naturales (flora, agua, aire, fauna); y apropiación por parte de las comunidades vecinas) de las carreteras que podrían acomodar a los corredores verdes (Penteado y Alvarez, 2007). A partir de las características anteriores y una verificación en campo se clasifican las carreteras en: Prioritarias (rutas necesarias para realizar la conexión entre fragmentos grandes o entre carreteras con gran capacidad para albergar el corredor); Existentes (aquellas que ya tienen una cubierta vegetal densa); Deseado (rutas que pueden agregar alguna conexión deseable y que se conectarán a través de pequeñas áreas verdes).

### **1.5.2. Experiencias y casos prácticos en el ámbito internacional y nacional**

Durante los últimos 20 años con el aumento de la urbanización y la consecuente fragmentación de las áreas verdes urbanas se han planificado e implementado múltiples proyectos de desarrollo de corredores verdes en todo el mundo con el objetivo de aumentar

la conectividad entre los espacios naturales y zonas urbanas. El continente europeo ha sido de los pioneros en la creación de estos corredores, el Corredor Verde del Bajo Danubio, fue una de las primeras iniciativas en este sentido y busca coordinar la conservación de la biodiversidad y la gestión del agua entre Rumanía, Bulgaria, Ucrania y Moldavia, así como la conservación de los humedales y la gestión de las llanuras de inundación (CONAMA, 2014). A su vez, proyectos como el Cinturón Verde Europeo y el Apenino Parco d'Europa buscan vincular a un número alto de áreas protegidas a lo largo de su curso, tales como: parques nacionales, reservas naturales, sitios de importancia comunitaria, áreas protegidas especiales y reservas de biosfera y que juegan un papel clave en la conservación de la diversidad biológica y son un componente sobresaliente del patrimonio natural y cultural europeo (Asociación Europea del Cinturón Verde, 2020; Maurín, 2005).

En este orden de ideas, uno de los proyectos más emblemáticos en el continente europeo es el Anillo Verde de Victoria-Gasteiz en España. Este se inició a comienzos de los años 90 con la finalidad de dar una solución integral a las condiciones precarias y de inseguridad que presentaba la periferia de la ciudad y que constituía una barrera física y social entre el entorno urbano y el medio rural adyacente. Para hacer frente a esta problemática y darle valor a los espacios periurbanos se decidió crear un gran espacio seminatural en torno a la ciudad formado por un conjunto de parques periurbanos de alto valor ecológico y paisajístico interconectados entre sí mediante corredores verdes que cumplen una función eco-recreativa. El Anillo Verde ha generado múltiples beneficios como: la mejora de la biodiversidad y el paisaje, la prevención de inundaciones en el casco urbano, el incremento de las posibilidades de ocio, paseo y la realización de actividades al aire libre, la promoción de la educación ambiental y un freno a la expansión urbana (CONAMA, 2014).

Por otra parte, los Estados Unidos de América es un importante precursor de los corredores verdes urbanos, a través del desarrollo de varios proyectos en torno a la planificación y conectividad de su sistema de espacios libres, representado por parques, áreas recreativas y corredores verdes. Uno de los proyectos más antiguos y que continúa hasta la actualidad es el Sistema de Parques y Corredores Verdes de Raleigh, Carolina del Norte que busca la conservación de los recursos y sus funciones en el entorno urbano, a través de la conformación de una red de corredores lineales que forman un sistema integrado que une parques, comunidades, escuelas, áreas comerciales y otros (Aita y Angeoletto, 2019). Otro ejemplo que cabe considerar es el High Line de Nueva York cuyo objetivo fue recuperar para el uso público, una infraestructura ferroviaria de la zona suroeste de la ciudad; además

de dotar de un espacio verde urbano a los usuarios da la posibilidad de realizar actividades culturales y tener interacción social, debido a la presencia de varios puntos de estancia a lo largo de todo el corredor (Lluisupa *et al.*, 2016).

Dentro de este marco, en América Latina destacan los proyectos de corredores verdes urbanos de la ciudad de Cali, Colombia y Santiago de Chile. En el primer caso, el proyecto propone aprovechar la franja de la antigua línea férrea para crear un corredor verde que cumpla la función de una red ecológica urbana entre los cerros y el río, integre social y espacialmente la ciudad, y, equilibre la conectividad del sistema de transporte integrado de la ciudad con un sistema de transporte limpio que logre articular las lógicas de los flujos de los sistemas naturales con los sistemas urbanos (Valencia, 2016). En el segundo caso, el corredor verde Balmaceda – Uruguay compuesto por dos parques urbanos ubicados en la ribera sur del río Mapocho garantiza el desarrollo de actividades como andar en bicicleta, correr, pasear a mascotas y compartir con familias y amigos (Riveros *et al.*, 2015).

En México también se han implementado proyectos de corredores verdes, un ejemplo de ello, es el corredor ecológico en el Pedregal de San Ángel en la ciudad de México el cual es una iniciativa orientada en buscar soluciones concretas a problemas urbanos como la movilidad y la carencia de espacios públicos de calidad a la vez que brinda soluciones a problemas ambientales como la infiltración de aguas pluviales, la conexión de corredores biológicos, la captura de carbono, la regulación del clima y la pérdida de la biodiversidad en la ciudad. La propuesta se fundamenta en la ubicación estratégica de espacios multifuncionales e interconectados entre sí para crear una red de infraestructuras verdes dirigidas a mejorar la accesibilidad hacia la naturaleza urbana, los espacios abiertos, el transporte no motorizado y en general infraestructuras que ponen en perspectiva la continuidad ambiental deseable para la ciudad de México (Suárez *et al.*, 2011).

Por otra parte, la Estrategia Integral de Áreas Verdes desarrollada por el IMPLAN de la ciudad de León busca comunicar jerárquicamente las diferentes áreas verdes por medio de corredores verdes que funcionen como conectores arbolados que incrementen la calidad de vida de los habitantes y faciliten la movilidad además de generar corredores de biodiversidad (IMPLAN, 2012).

Otro ejemplo, es la propuesta de Vázquez (2015) que analiza las áreas verdes y el arbolado urbano en las vialidades de interés en la ciudad de Guadalajara con el objetivo de identificar las zonas urbanas con accesibilidad idónea para ser corredores verdes.

## **Capítulo 2. Caracterización del área de estudio**

### **2.1. Características físico - geográficas**

La ciudad de Morelia es la cabecera municipal del municipio de Morelia, que se encuentra localizado en la región centro - norte del estado de Michoacán, con una extensión territorial de 1 199 km<sup>2</sup>, representando el 2.04 % de la superficie total del estado. Esta área urbana es la número uno de Michoacán, con 67,2 km<sup>2</sup>, lo que representa el 13 % en relación a la entidad (IMPLAN, 2015).

#### **2.1.1. Tipos de rocas, relieve y suelo**

El área de estudio está formada por diferentes unidades litológicas: la primera de ellas de composición andesítica (Mil Cumbres), seguida de una secuencia piroclástica (Cantera de Morelia) y sobreyaciendo a esta, se encuentran productos ligados a depósitos lacustres. Forma parte del Cinturón Volcánico Mexicano, es una zona geológicamente joven, caracterizada por la presencia de una fuerte actividad sísmica ligada a la presencia de numerosas fallas activas de dirección Noreste - Suroeste y Este - Oeste, perteneciente al sistema de fallas Acambay - Morelia (Arreygue *et al.*, 2005).

Se localiza a una altitud de 1951 *m.s.n.m.* en el gran valle de Guayangareo, rodeado de montañas, como son los cerros del Punhuato, San Andrés, El Quinceo y la Loma de Santa María, en los cuales las pendientes llegan a alcanzar hasta más del 30 % (León, 2008).

Los grupos de suelos que se encuentran en la zona de estudio son Vertisoles, Luvisoles, Acrisoles, Leptosoles y Andosoles (Delgado *et al.*, 2005). Los principales usos de suelo son agropecuario (61 %), uso forestal y de conservación (24 %) y urbano (15 %) (H. Ayuntamiento de Morelia *et al.*, 2016).

#### **2.1.2. Clima, recursos hídricos, vegetación**

El clima es predominantemente templado subhúmedo, con régimen de lluvias en verano de 700 a 1,000 mm de precipitación anual y lluvias invernales máximas de 5 mm anuales promedio. La temperatura media anual es de 14 a 18 °C (H. Ayuntamiento de Morelia, 2012).

La ciudad de Morelia pertenece a las regiones hidrológicas Lerma - Santiago (93 %), Balsas (7 %) y también forma parte del lago de Cuitzeo. Las principales corrientes fluviales son el río Grande y río Chiquito, además afloran más de 70 manantiales, siendo el de la Mintzita

el más grande. Dentro de los cuerpos de agua más importantes se encuentran las presas de Cointzio y de Umécuaro (Lara *et al.*, 2012).

La vegetación se encuentra claramente diferenciada, de acuerdo a la altitud y a los tipos de clima y de suelo: en la región norte, arbustos y matorrales, al sur de la ciudad, bosque mixto compuesto principalmente por pinos y encinos; y en el sureste se localiza la reserva ecológica “Bosque Lázaro Cárdenas” (Lara *et al.*, 2012; IMPLAN, 2015). Madrigal - Sánchez y Gómez en el año 2007 registraron 67 especies (35 introducidas y 32 nativas) en las áreas urbanas y suburbanas de Morelia. En la zona sur se registró el mayor número de especies, donde predominan: *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Eucalyptus botryoides*, *Ligustrum japonicum*, *Spathodea campanulata*, *Ficus benjamina*, *Casuarina equisetifolia* y *Eucalyptus camaldulensis* (Madrigal-Sánchez y Gómez, 2007); mientras que, al norte se reconoció solo *Fraxinus uhdei*, al este (*Casuarina equisetifolia*, *Fraxinus uhdei* y *Eucalyptus camaldulensis*) y al oeste (23), estas últimas todas nativas de México, las cuales son:

- Del Matorral subtropical: *Acacia farnesiana*, *Acacia schaffneri*, *Acnistus arborescens*, *Albizia plurijuga*, *Bursera fagaroides*, *Celtis caudata*, *Casimiroa edulis*, *Condalia velutina*, *Ehretia latifolia*, *Erythrina coralloides*, *Ipomoea murucoides*, *Yucca filifera*.
- Del Mezquital: *Pithecellobium dulce*, *Prosopis laevigata*.
- Del Bosque de Pino - encino: *Bocconia arborea*, *Prunus capuli*, *Psidium guajava*.
- Del Bosque de cedro: *Cupressus lindleyi*.
- Del Bosque mesófilo de montaña: *Fraxinus uhdei*.
- Del Bosque de galería: *Fraxinus uhdei*, *Salix bonplandiana*, *Taxodium mucronatum*.

## **4.2. Características socio - económicas**

La ciudad de Morelia ha sido el resultado de grandes transformaciones a lo largo de su historia; durante las últimas tres décadas ha presentado un fuerte crecimiento demográfico lo que ha llevado a que en la actualidad sea la ciudad más poblada y donde se concentran las principales actividades económicas del estado de Michoacán.

### **2.1. Crecimiento urbano de la ciudad de Morelia**

A inicios del siglo XX se registra un acelerado crecimiento poblacional en la ciudad debido a la inmigración de población proveniente de otras zonas del estado y del país. Entre 1940 y 1970 la población pasó de 44 300 a 161 000 habitantes, el área urbana se duplicó de 725 a 1 377 hectáreas, el número de colonias al sureste de la mancha urbana pasó de 4 a 11 y

se inició la urbanización de los pueblos de Santa María y Santiaguito (Sánchez y Urquijo, 2014).

El mayor crecimiento de la metrópoli aconteció entre los años 1960 a 1990 en las zonas habitacionales y comerciales pasando de 790 a 3 180 hectáreas, asimismo la población alcanzó aproximadamente los 428 000 habitantes (López, 1999). Con ello, el proceso de urbanización que se venía gestando comenzó a potenciar el fenómeno denominado segregación residencial económica (distribución desigual de grupos de población en el territorio que se manifiesta por la aglomeración de familias de un mismo grupo social, sea que éste se defina en términos socioeconómicos, étnicos, religiosos, etarios, etc.). Cuando es de raíz económica se caracteriza por ser un mecanismo de reproducción de las inequidades socioeconómicas, además se asocia al deterioro de la vida comunitaria y la capacidad de acción colectiva, la violencia y la desconfianza (Rodríguez y Arriagada, 2004).

Para el año 1990, este fenómeno estaba presente en la urbe, la población de menores ingresos económicos se distribuía principalmente en el norte y el oeste de la ciudad, mientras que, la de más altos ingresos se ubicaba al sureste de ella (López, 1999). Esta dinámica poblacional y el constante crecimiento de la ciudad se mantuvo para el año 2000, donde la población total alcanzó los 549 996 habitantes, y el número de colonias se incrementó a 350 (Hernández y Vieyra, 2010). En este proceso se ocuparon terrenos no aptos para el desarrollo urbano por sus condiciones físicas, muchos de ellos eran terrenos con pendientes topográficas pronunciadas (Cerros de Quinceo y Punhuato), otros eran terrenos inundables y próximos a las corrientes de agua de los ríos Chiquito y Grande y otros eran terrenos rocosos como en la zona poniente de la ciudad (León, 2008).

La urbanización de estos terrenos que abarcaban una gran extensión de la ciudad, tuvo un alto costo económico; y, algunos de ellos, todavía no cuentan con la totalidad de los servicios urbanos más indispensables como son: agua potable, luz, drenaje, alcantarillado, transporte y pavimentación. Asimismo, hay una insuficiencia parcial o total del equipamiento básico de salud, educación y recreación (León, 2008).

Sin embargo, hacia el sureste de la capital se desarrolló una dinámica poblacional diferente, dirigida a la población de altos ingresos local y nacional, con la creación de los complejos habitacionales cerrados de Ciudad Santa María y Altozano La Nueva Morelia. Ambos espacios se caracterizan por tener accesos restringidos, seguridad privada, desarrollos habitacionales de alto interés, campos de golf, centros comerciales tipo plaza, centros educativos privados de todos los niveles de escolaridad, hoteles, servicios médicos, áreas



verdes y una amplia y vanguardista infraestructura vial. Siendo estos, en pocas palabras, ciudades privadas, generando segregación y exclusión social (Sánchez y Urquijo, 2014).

Simultáneamente, la población comenzó a ocupar tierras de origen ejidal, ya que la ciudad se encuentra rodeada de ejidos, los cuales no cuentan con un certificado que verifique su aptitud urbanizable en términos de su edafología, geología y topografía. Esto ha dado lugar a que muchos de los asentamientos que se encuentran en estas tierras, carezcan de reconocimiento del municipio en sus programas sociales, lo cual vulnera aún más su condición de asentamientos irregulares (Lara *et al.*, 2012).

El crecimiento urbano continúa en la actualidad y las consecuencias de la dinámica poblacional que experimentó la urbe durante el siglo XX y los primeros años del siglo XXI, reflejan la falta de planeación ante los procesos de rápida expansión urbana, muestra de ello son, la disminución de la heterogeneidad en los patrones y distribución del uso de suelo urbano, la fragmentación o disminución de las áreas verdes urbanas y la segregación residencial económica de la que ha sido objeto la población que vive en la periferia de la ciudad de Morelia.

### **2.2.2. Población**

Para el año 2015 la población municipal era de 784 776 habitantes, se componía en un 52 % (412 418) por mujeres y un 48 % (372 358) por hombres, siendo el grupo etario de 15 a 29 años el de mayor representatividad con alrededor de la tercera parte de la población. En la ciudad de Morelia y en las localidades de Capula y Jesús del Monte se concentra la mayor parte de la población del municipio. Si bien la mayor densidad de habitantes se encuentra al interior del anillo periférico de la urbe donde se alcanzan hasta 200 y más habitantes por hectárea; casi el 50 % de la marcha urbana presenta amplios espacios que no rebasan los 80 hab/ha (H. Ayuntamiento de Morelia *et al.*, 2016).

A pesar de que a nivel municipal y de ciudad, Morelia presenta un grado de marginación muy bajo, dentro de la urbe se reflejan contrastes en este sentido, ya que a lo largo de sus periferias el grado de marginación es alto y muy alto, situación que se acrecienta hacia el norte (H. Ayuntamiento de Morelia *et al.*, 2016). A su vez, el rango de pobreza en el ámbito urbano es de 34 a 50 % (Figura 7), con 679 205 personas en situación de pobreza asentadas en las periferias de la ciudad, mientras que, hacia el sur de la urbe se aprecian los menores rangos de pobreza urbana (0 - 18 %) (CONEVAL, 2015).

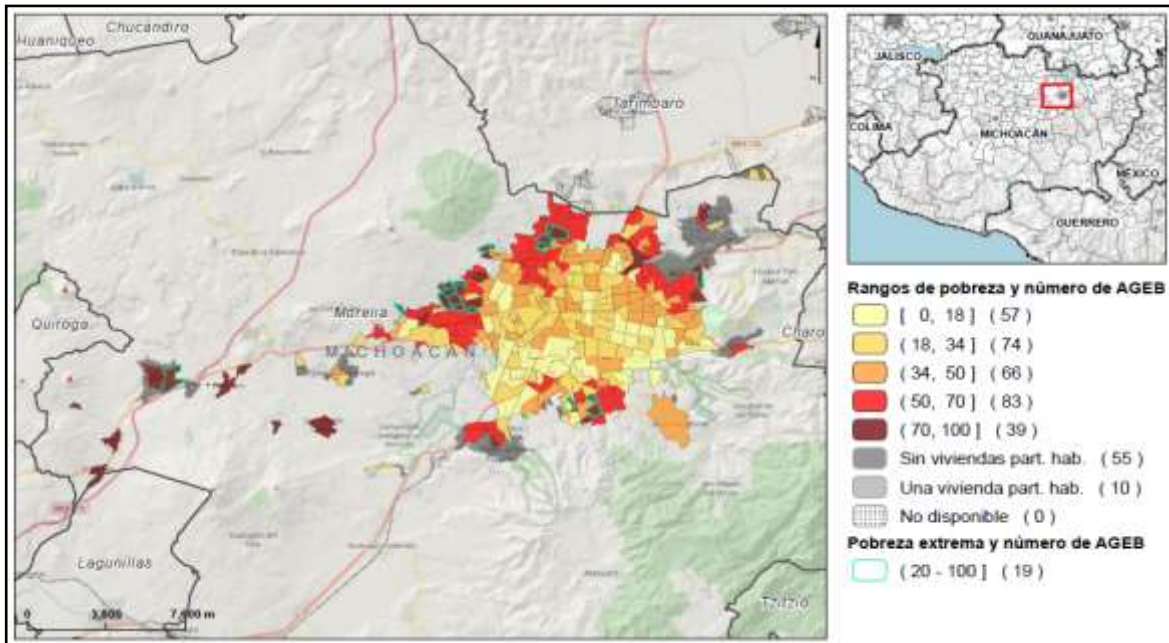


Figura 7. Medición de la pobreza en el municipio de Morelia.

Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, 2015.

### 2.2.3. Economía

La ciudad de Morelia constituye el principal centro económico del estado de Michoacán. Aunque el municipio tan solo acoge al 16.7 % de toda la población michoacana, en este espacio se localiza el 19 % de todos los empleos, ello da lugar a niveles de riqueza muy superiores a la media estatal y nacional (H. Ayuntamiento de Morelia *et al.*, 2016). Para el año 2015 la Población Económicamente Activa del municipio era de 310 305 habitantes (59.40 %), de los cuales 295 225 se encontraban ocupados laboralmente (INEGI, 2015).

Como se ha mencionado anteriormente, el crecimiento de la urbe ha resultado en una significativa expansión territorial, convirtiendo en asentamientos humanos superficies que anteriormente eran utilizadas para actividades agropecuarias y forestales, esto a su vez ha causado desplazamientos de la fuerza de trabajo que laboraba en estas ramas productivas hacia otros sectores. Actualmente la mayor parte de la población se concentra en la realización de actividades económicas terciarias (74 %) y secundarias (22 %), es decir se dedica directa o indirectamente al comercio o la prestación de los servicios, aunque una parte importante de la población se concentra en actividades industriales (Lara *et al.*, 2012).

### **4.3. Áreas verdes urbanas en la ciudad de Morelia**

La rápida expansión urbana y la falta de planeación en las ciudades han ocasionado la disminución y mala distribución de las áreas verdes urbanas. Por lo general, estas se concentran principalmente en el centro de las ciudades o donde residen los grupos con mayores ingresos económicos, en contraste, las zonas periféricas y suburbanas presentan un gran déficit de las mismas (León, 2008). La ciudad de Morelia no es la excepción a esta problemática, en ella, como en las demás ciudades de Michoacán, las áreas verdes urbanas se instauraron durante el período colonial y hasta las últimas décadas del siglo XIX. La mayoría de ellas se establecieron sin lineamientos para su dosificación y ubicación, sin criterios de diseño elementales y sin conocer las características, funciones y usos de plantas y árboles (León, 2008; Vargas, 2008).

A todo lo anterior, se agrega, la carencia en su estado físico por la falta de mantenimiento e inversión de las autoridades estatales y municipales sobre el total de estos espacios en la ciudad, provocando su deterioro paulatino e incluso su pérdida irremediable (Bai *et al.*, 2005); la presión constante sobre las áreas verdes que se localizan en las periferias y las dificultades para acceder a ellas (Vargas, 2008; Sinemillioğlu *et al.*, 2010); y, la ausencia de una planificación detallada sobre los elementos de diseño de estas áreas, los cuales mejoren la funcionalidad y auto - regulación de las mismas.

La forma en la que se ha institucionalizado la planeación de las ciudades en Michoacán, es otro elemento que explica la carencia de estas. La creación de las áreas verdes urbanas en Morelia ha seguido diferentes lineamientos, cambiando con las diferentes leyes de desarrollo urbano de cada administración, sin una estrategia de planeación y proyección futura. Muestra de ello, es que no fue hasta 1983 cuando se publicó la primera Ley Estatal de Desarrollo Urbano, la cual dictaba la creación de los primeros planes de desarrollo urbano de los municipios y la definición de reservas territoriales y ecológicas. En 1987 los cambios en la gestión gubernamental, las presiones políticas y económicas ocasionaron la especulación en terrenos periféricos de la ciudad, favoreciendo la ocupación de terrenos sobre reservas territoriales y ecológicas de la ciudad. Para 1995 se creó la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán que fue efectiva hasta el 2007 y sólo especificaba las medidas mínimas de dotación de las áreas verdes en los nuevos desarrollos urbanos, sin resaltar su importancia ambiental (Lara *et al.*, 2012). A partir del 2007 se establece el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán el cual se encuentra vigente hasta la actualidad y su última reforma se realizó en el 2017. En él se establecen las normas,

competencias, atribuciones, concurrencia y responsabilidades del Estado y de los ayuntamientos en materia de desarrollo urbano para la planeación y regulación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento, ordenación y crecimiento de los centros de población, así como el diseño y definición de estrategias para el manejo de las áreas verdes urbanas (CDUEM, 2017).

El intenso proceso de fragmentación que presentan las áreas verdes urbanas es otro problema que se identifica. La alta representatividad de áreas verdes con dimensiones menores a 1 ha se explica por los lineamientos vigentes de su diseño, establecidos en el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán (CDUEM, 2017). Este código indica que cada nuevo desarrollo requiere destinar el 3 % de su superficie como área verde, sin embargo esta especificación prácticamente no se cumple en ningún desarrollo urbano. De esta forma, la falta de lineamientos de diseño que mejoren los elementos que afectan la funcionalidad de las áreas verdes urbanas, provoca la fragmentación de estos espacios, lo que a su vez representa condiciones desfavorables de habitabilidad para los nuevos desarrollos (Lara *et al.*, 2012).

### **2.3.1. Antecedentes del estado actual de las áreas verdes urbanas**

Para comprender el estado actual en que se encuentran las áreas verdes urbanas de la ciudad, la información recabada de años anteriores puede considerarse un indicador de su evolución. En este sentido, Vargas (2008) determinó que para el año 1993 en Morelia existían 54 ha de áreas verdes urbanas lo que representaba una densidad de área verde por habitante de 1.3 m<sup>2</sup>. Para el año 2000, Antaramián y García (2005) cuantificaron 686 ha lo que equivalía a 10.87 m<sup>2</sup> por habitante, además, señalaban el predominio de terrenos baldíos, los cuales cubrían el 46.6 % de la superficie urbana.

León (2008) en su tesis doctoral sobre las áreas verdes de Michoacán determinó que la ciudad de Morelia contaba con 887 ha, de la cual sólo el 85 % era útil, mientras que el 15 % de la superficie total se encontraba como terreno baldío o se había perdido definitivamente; a su vez, la superficie de área verde por habitante era de 14,29 m<sup>2</sup>. También reportó la desigual distribución que estas presentaban, ya que el 67.58 % de la superficie verde total de la urbe se localiza al sureste donde se ubican 3 predios verdes de gran superficie (Bosque Lázaro Cárdenas, Cerro del Punhuato y Los Filtros Viejos). Asimismo identificó las diferencias en su estado físico, el 92.78 % de las áreas verdes de la zona centro se encontraban bien acondicionadas y con adecuados niveles de

mantenimiento, mientras que en las restantes zonas de la ciudad, del 60 % de los predios el 13 % de esa superficie estaban baldíos o abandonados.

Por otra parte, Lara *et al.*, (2012) evaluó la calidad, integridad funcional y accesibilidad de la población urbana a las áreas verdes de la ciudad. El estudio determinó un total de 125 áreas verdes, donde las categorías *Parques y jardines públicos* (40 %) y *Parques-jardines o terrenos privados* (22.4 %) fueron las de mayor representación, mientras que *Áreas semi-naturales* (15.2 %), *Vías verdes* (11.2 %), *Espacios cívicos* (9.6 %) y *Áreas naturales* (1.6 %) fueron las de menor presencia. La mayoría de estas categorías se encontraban sometidas a procesos de degradación, principalmente las áreas de carácter público, donde la zona centro era la más conservada y hacia la periferia iba disminuyendo su calidad. Además, el 98 % las áreas verdes urbanas de la ciudad se encontraban representadas por espacios con dimensiones menores a 1 ha, lo que evidencia el proceso de fragmentación y presión a la que estaban sometidas.

A su vez, estableció que la conectividad de estas áreas mostraba un indicador positivo en los terrenos baldíos, ya que eran zonas potenciales para ser transformados en futuras áreas verdes urbanas, mientras que las áreas centrales e intermedias de la urbe debían mejorar su conexión. Además, mencionó que sólo un 40 % de la población tenía acceso a áreas verdes urbanas cercanas para realizar actividades de recreación y esparcimiento. La población con la mejor accesibilidad se localizó en el contorno central (12.95 %) y hacia la periferia el nivel de accesibilidad fue disminuyendo (3.57 %). Este patrón de accesibilidad coincidió con los niveles de precariedad de la población y contornos urbanos. La mayor accesibilidad se observó en el contorno central donde se localiza la población con los niveles de precariedad más bajos, mientras que hacia la periferia se concentraba la población con menor accesibilidad a las áreas verdes urbanas y los niveles de precariedad altos (Lara *et al.*, 2012).

Durante los últimos años la administración municipal junto a otras instituciones de gobierno, educativas, y con el apoyo de la población de la ciudad ha desarrollado varios planes y programas para la mejora de la calidad y cantidad de las áreas verdes urbanas en la metrópoli (H. Ayuntamiento de Morelia, 2019):

- Programa Morelia Te Quiero Verde: se realizan podas de árboles y arbustos en las principales vialidades de la ciudad.

- Plan de Mantenimiento y Renovación de las Áreas Verdes y Espacios Públicos: se implementan operativos para la poda periódica del arbolado en las principales plazas, parques y avenidas de la urbe.
- Plan de Acción para el Manejo Integral de la Microcuenca del Río Chiquito: se busca crear un espacio público verde de calidad donde los ciudadanos puedan disfrutar e interactuar con la naturaleza.
- Programa de Reforestación: para el año 2019 se plantaron 9 400 árboles en los sectores República y Revolución del periférico, y en localidades como Atécuaro, San Miguel del Monte, Umécuaro, Santiago de Undameo y Jesús del Monte.
- Proyecto Mapeo Social Masivo de Arbolado Urbano (Treeatlón): busca involucrar a la población en el mapeo y registro de los árboles existentes en la ciudad para así conocer su condición actual, evaluar la diversidad y distribución de las especies arbóreas.

### **2.3.2. Periférico Paseo de la República**

El Periférico Paseo de la República es una vía primaria de circulación continua cuya función es facilitar el flujo del tránsito vehicular continuo o controlado por semáforos, entre distintas áreas de la zona urbana de Morelia. Su construcción se inició en los primeros años de la década de los ochenta con el objetivo de disminuir la contaminación ambiental, reducir los tiempos de traslado y eliminar la congestión vehicular que afectaba a la ciudad (Rodríguez, 2018). A finales de los años noventa y hasta alrededor del 2012 se realizó una ampliación del mismo con la finalidad de comunicar los asentamientos de Santa María, San José del Cerrito y Jesús del Monte con el resto de la urbe, así como desahogar el tránsito de vehículos que no tienen como destino la capital michoacana (SCT, 2011).

Tiene una longitud de 25,96 km y se encuentra dividido en 4 sectores: República, Revolución, Nueva España e Independencia (Figura 8):

1. Sector República se localiza al Oeste - Noroeste de la ciudad, inicia en la intersección Guadalajara - Morelia y Periférico y termina en la confluencia Mil Cumbres y Periférico, con una longitud total de 7,15 km. Está compuesto principalmente por camellón central (13 - 17 m), camellones laterales derecho e izquierdo (1 - 3 m) y banquetas derecha e izquierda (4 - 5 m).
2. Sector Revolución se ubica al Norte - Noreste de la urbe, comienza en la unión Mil Cumbres y Periférico y termina en la intersección Bolivia y Periférico con una extensión total de 5,08 km. Está conformado primordialmente por camellón central

(13 - 17 m), camellones laterales derecho e izquierdo (6 - 8 m) y banquetas derecha e izquierda (3 - 4 m).

3. Sector Nueva España se sitúa al Este - Sureste de la ciudad, empieza en la unión Bolivia y Periférico y culmina en la confluencia Juárez y Periférico con una longitud total de 5,33 km. Está compuesto fundamentalmente por camellones laterales derecho e izquierdo (4 - 6 m) y banquetas derecha e izquierda (2 - 4 m).
4. Sector Independencia se ubica al Sur - Suroeste de la urbe, inicia en la confluencia Juárez y Periférico y culmina en la intersección Guadalajara - Morelia con una extensión total de 7.40 km. Está conformado solamente por camellón central (1 - 3 m) y banquetas derecha e izquierda (2 - 4 m).



Figura 8. Sectores del Periférico Paseo de la República, Morelia.

Fuente: Elaboración propia.

### Capítulo 3. Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en cuatro pasos secuenciales, los cuales se describen en este capítulo:

- 1- Diseño e implementación del inventario del arbolado público urbano en el periférico.
- 2- Establecimiento de tipologías para espacios lineales a partir de su configuración vial.
- 3- Determinación de áreas de oportunidad.
- 4- Elaboración de una propuesta para establecer corredores verdes que conecten las áreas verdes urbanas al interior y exterior del periférico de la ciudad de Morelia.

Durante el desarrollo del estudio se emplearon diferentes insumos cartográficos y de información, estos son:

1.- Para la elaboración del inventario del arbolado público urbano se emplearon:

- Imágenes de satélite disponibles en la plataforma pública Google Earth, con una resolución temporal de abril a noviembre de 2017.
- Imágenes panorámicas (360 grados de movimiento horizontal y 290 grados de movimiento vertical a nivel de calle) disponibles en Google Street View. La temporalidad de las imágenes utilizadas son de los meses de agosto, octubre y noviembre de 2017.
- Sistema de Información Geográfica de código libre QGIS con la incorporación del complemento go2streetview, que permite obtener una ventana con una vista de Google Street View (Morales *et al.*, 2018).

2.- Para el establecimiento de las tipologías en espacios lineales y la determinación de las áreas de oportunidad y áreas con potencial de ser corredores verdes se utilizaron:

- Configuración vial del Periférico Paseo de la República de Morelia obtenida de la Red Nacional de Caminos 2017 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ([www.sct.com.mx](http://www.sct.com.mx)).
- Imágenes WorldView-4 con fecha de adquisición del 17 de agosto de 2018 con una resolución espacial de 1.2 m proporcionada por el Instituto de Municipal de Planeación Morelia (IMPLAN).
- Sistema de Información Geográfica ArcGIS para el diseño y producción cartográfica.



En la figura 9 se muestra un diagrama de flujo de la investigación en el cual se puede apreciar de manera resumida la metodología empleada.

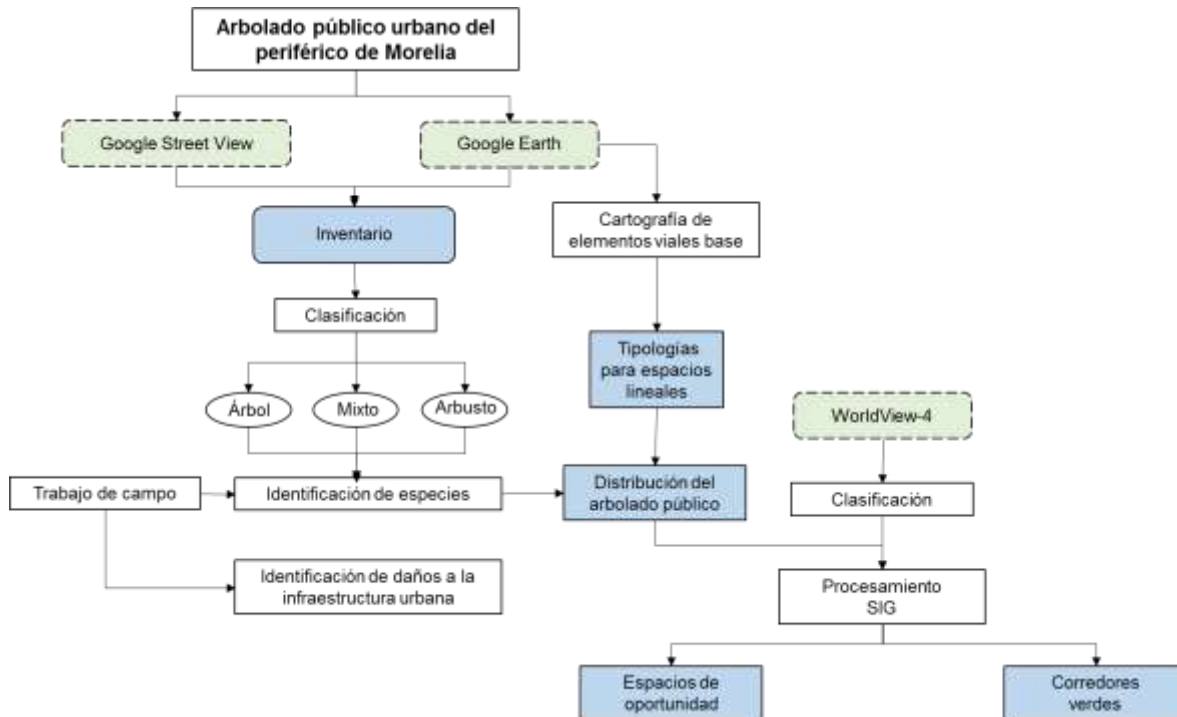


Figura 9. Diagrama de flujo de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1. Diseño e implementación del inventario del arbolado público urbano

Para la generación del inventario del arbolado público urbano del periférico se empleó el Método de Levantamiento del Inventario de Arbolado Público Urbano con Tecnologías Geoespaciales Combinadas desarrollado por Morales *et al.*, (2018). Este método utiliza la combinación de las imágenes de Google Earth, Google Street View, Street View Insta360 y drones. Es importante mencionar que para realizar el inventario se emplearon solamente las imágenes de Google Earth y Google Street View de acceso público ya que no se contaron con los recursos para acceder a los otros insumos antes mencionados, sin embargo, el nivel de detalle de las imágenes empleadas y el detallado trabajo de campo permitió la localización adecuada de los individuos del arbolado público urbano.

El inventario se desarrolló en el Sistema de Información Geográfica de código libre QGIS con la incorporación del complemento go2streetview. Se realizó en sentido de las manecillas del reloj, partiendo de la intersección Periférico República y carretera

Guadalajara - Morelia en las coordenadas UTM X: 265002.420, Y: 2180458.905 (Figura 10).



Figura 10. Esquema de localización del punto de inicio del inventario del arbolado público urbano.

Fuente: Plataforma de Google Street View.

La primera fase del inventario se basó en la localización de cada uno de los individuos en el área de estudio (Figura 11). Se cartografiaron los arbustos (incluidos los arbustos de porte matoso) de 0.50 m de altura, los árboles en su etapa de crecimiento primaria que se comportan primero como arbusto y luego como árbol denominados mixtos (0.50 m) y los árboles de más de 1 m de altura. Esta información se registró en la base de datos del inventario en QGIS como un punto, cuya posición señala la base del tronco, y en los casos donde no es posible determinarlo con precisión, se realiza en función de la copa y su ubicación con respecto a la configuración vial (camellones, banquetas). Las coordenadas de cada individuo se registraron en el Sistema de Referencia UTM zona 14 N, Datum WGS84. En consecutivo se realizaron recorridos en campo para verificar y corregir las áreas identificadas con problemas de visualización en la plataforma de Google Earth.

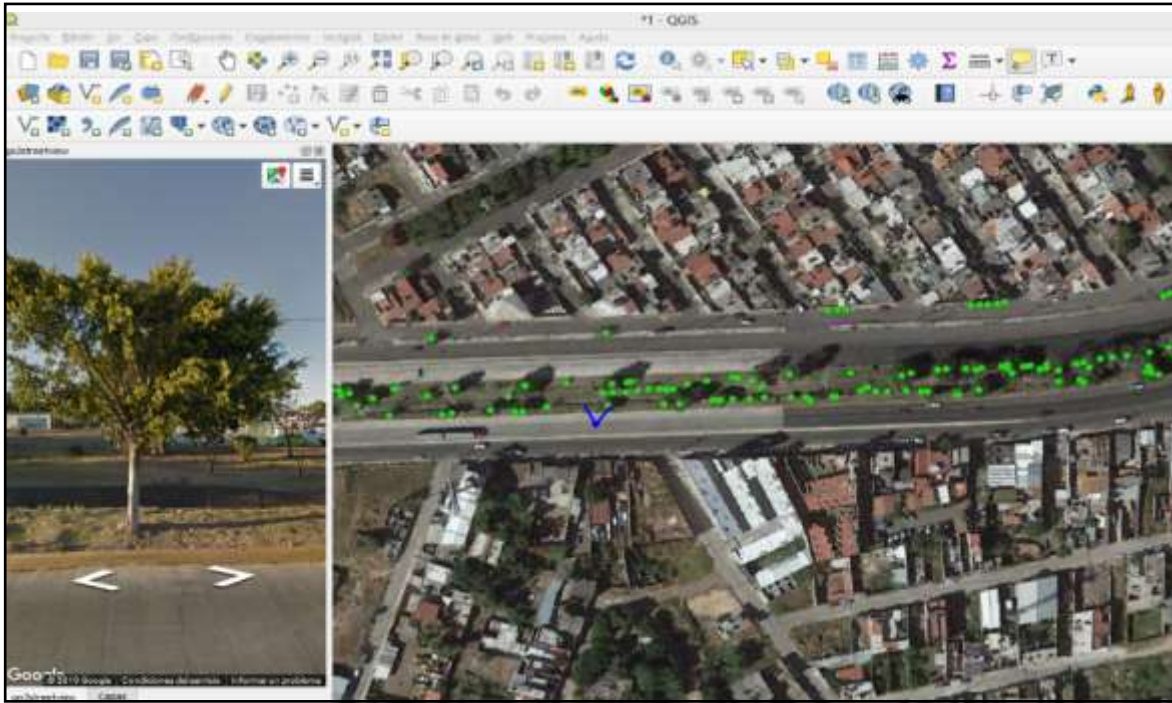


Figura 11. Localización de los individuos del arbolado público urbano.

Fuente: Plataforma del Google Earth.

La segunda fase del inventario consistió en la identificación en campo del género, especie y nombre común de todos los individuos inventariados, estos se incorporaron como atributos a la base de datos, la cual tiene la siguiente estructura: ID, Nombre, Ubicación, Género, Especie, Nombre común, Coordenada X, Coordenada Y (Figura 12).

ID	Nombre	Ubicación	Género	Especie	Nombre_com	Coordx	Coordy
148	Arbol	Camellon central	Ficus	Ficus benjamina	Arbol benjamin	265417.121	2180573.838
149	Arbol	Camellon central	Populus	Populus tremoloide	Alamo	265426.674	2180576.078
150	Arbol	Camellon central	Populus	Populus tremoloide	Alamo	265432.663	2180578.840
151	Arbol	Camellon central	Populus	Populus tremoloide	Alamo	265443.202	2180583.671
152	Arbol	Camellon central	Populus	Populus tremoloide	Alamo	265454.772	2180594.406
153	Arbol	Camellon central	Populus	Populus tremoloide	Alamo	265458.364	2180596.015
154	Arbol	Camellon central	Eucalyptus	Eucalyptus camaldulensis	Eucalipto rojo	265460.284	2180597.173
155	Arbol	Camellon central	Eucalyptus	Eucalyptus camaldulensis	Eucalipto rojo	265463.398	2180598.552
156	Arbol	Camellon central	Ficus	Ficus benjamina	Arbol benjamin	265468.904	2180600.846
157	Arbol	Camellon central	Ficus	Ficus benjamina	Arbol benjamin	265466.983	2180599.570
158	Arbol	Camellon central	Ficus	Ficus benjamina	Arbol benjamin	265474.186	2180604.208
159	Arbol	Camellon central	Ficus	Ficus benjamina	Arbol benjamin	265478.026	2180606.525
160	Arbol	Camellon central	Ficus	Ficus benjamina	Arbol benjamin	265490.855	2180613.456
161	Arbol	Camellon central	Fraxinus?	Fraxinus uhdei	Fresno	265519.548	2180631.775
162	Arbol	Camellon central	Populus	Populus tremoloide	Alamo	265526.386	2180635.709
163	Mixto	Camellon central	Jacaranda	Jacaranda mimosifolia	Jacaranda	265529.266	2180637.446

Figura 12. Base de datos del inventario del arbolado público urbano.

Fuente: Elaboración propia.

La tercera fase del inventario fue la identificación de los individuos que causan daños a la infraestructura urbana en el periférico. Las categorías en este rubro son:

1. Daños a la infraestructura superficial: consiste en la identificación de los daños por parte de los individuos sobre los elementos viales base (banqueta derecha, camellón lateral derecho, camellón central, camellón lateral izquierdo y banqueta izquierda) (Figura 13).
2. Daños a la infraestructura área: consiste en la identificación de los daños por parte de los individuos sobre las redes áreas y las luminarias que se localizan en el periférico (Figuras 14 y 15).



Figura 13. Representación del daño del arbolado público urbano a la carpeta asfáltica en las banquetas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Representación del daño del arbolado público urbano a las redes aéreas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Representación del daño del arbolado público urbano a las luminarias.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Establecimiento de tipologías para áreas verdes lineales a partir de su configuración vial

La infraestructura vial existente en el área de estudio está conformada por cinco elementos viales base: camellón central, camellón lateral derecho, camellón lateral izquierdo, banqueta derecha, banqueta izquierda; así como otras estructuras viales: vías en doble piso, enlaces y glorietas (INEGI, 2012).

Para determinar las tipologías existentes en el periférico teniendo en cuenta su configuración vial se utilizaron las combinaciones: dado un conjunto de  $n$  elementos se denomina combinaciones de tamaño  $r$  a todos los conjuntos que se pueden formar con  $r$  elementos tomados entre los  $n$  elementos de modo que cada conjunto difiera de los demás en por lo menos un elemento (Caro y Miranda, 2015). Para ello se utilizó la Ecuación 2:

$$a = nCr = \frac{n!}{(n-r)!r!} \quad (2)$$

Dónde:  $a$  son las posibles combinaciones,  $n$  es el conjunto de elementos viales base,  $Cr$  son las combinaciones de  $r$  elementos tomados de entre de la cual se deriva la Ecuación 2:

$$T = a_1 + a_2 + a_3 + a_n \quad (3)$$

Dónde:  $T$  es el total de las posibles combinaciones.

Las posibles combinaciones que se pueden encontrar en el periférico de manera teórica teniendo en cuenta su configuración vial son 64 (Anexo 1). Las primeras 31 tipologías son las combinaciones de los elementos viales base (Figura 16 y 17). De las tipologías 32 a la 62 son las combinaciones de los elementos viales base en una vialidad de doble piso (Figura 18). Las tipologías 63 y 64 se corresponden con las estructuras viales enlace y glorietta (Figuras 19 y 20).

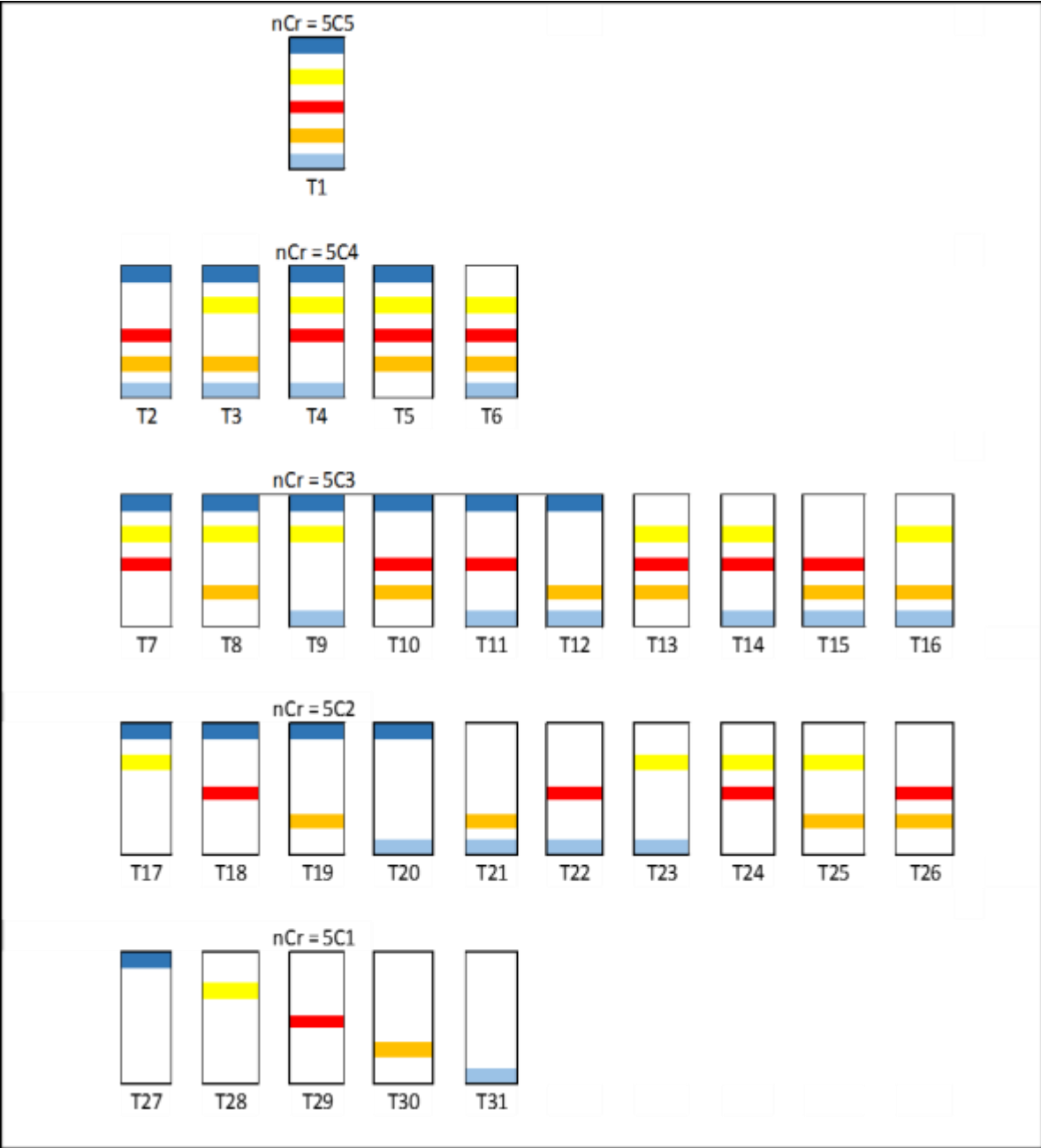


Figura 16. Tipologías determinadas a partir de la combinación de los elementos viales base, en las que se considera banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja), camellón central (rojo), camellón lateral izquierdo (amarillo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Ejemplos de tipologías a partir de la combinación de elementos viales base. Tipo de tipología (línea verde), banqueta derecha (línea azul claro), camellón lateral derecho (línea naranja), camellón central (línea roja), camellón lateral izquierdo (línea amarilla) y baqueta izquierda (línea azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Ejemplos de tipologías en doble piso. Tipo de tipología (línea verde), banqueta derecha (línea azul claro), camellón central (línea roja) y baqueta izquierda (línea azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.





Figura 19. Ejemplo de tipología conformada por la estructura vial Enlace.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Ejemplo de tipología conformada por la estructura vial Glorieta.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Determinación de áreas de oportunidad

Las áreas de oportunidad identificadas como espacios permeables sin vegetación o con un porcentaje mínimo de vegetación que permitan realizar actividades de reforestación, se determinaron en los cinco elementos viales base teniendo en cuenta su distribución a lo largo del periférico, quedando excluidas las estructuras viales de doble piso, enlaces y glorietas porque requieren de otro tipo de análisis al de un espacio lineal. Este análisis se realizó en formato raster utilizando operaciones matriciales.

El primer paso consistió en determinar las áreas ocupadas por árboles, mixtos y arbustos, en este caso se unieron en la misma categoría árboles y mixtos. Para ello se realizó un muestreo aleatorio con el objetivo de determinar el radio de influencia de la copa de los árboles y mixtos y de los arbustos para conocer el espacio óptimo que estos necesitaban para crecer correctamente. Para determinar el tamaño de la muestra para árboles y mixtos y arbustos se utilizó la Ecuación 4 (Torres *et al.*, 2006).

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q} \quad (4)$$

Dónde N= es el tamaño de la población, Z= al nivel de confianza, P= probabilidad de éxito o proporción esperada, Q= probabilidad de fracaso, D= precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

Para el caso de los árboles:

N= 5,874

Z= 1.96

P= 80.0%

Q= 20.0%

D= 5.0%

Sustituyendo en la ecuación:

$$n = \frac{5874 * 1.96^2 * 80 * 20}{5^2 * (5874 - 1) + 1.96^2 * 80 * 20}$$

$$n = 236$$

Para el caso de los arbustos:

Sustituyendo en la ecuación:

$$N= 1,240$$

$$Z= 1.96$$

$$P= 80.0\%$$

$$Q= 20.0\%$$

$$D= 5.0\%$$

$$n = \frac{1240 * 1.96^2 * 80 * 20}{5^2 * (1240 - 1) + 1.96^2 * 80 * 20}$$

$$n = 205$$

A los valores obtenidos en el muestreo de árboles y arbustos se le calculó el promedio para conocer el valor adecuado del área ocupada por estos. Para los árboles el valor fue de 5 m y para los arbustos de 1 m. Posteriormente se realizó un buffer a todos los elementos viales base partiendo desde el centro de estos: para el camellón central fue de 7 m en los sectores República, Revolución, Nueva España y de 1,5 m en el sector Independencia; para los camellones laterales derecho e izquierdo fue de 1,5 m en los sectores República e Independencia, 3,5 m en el sector Revolución y 2,5 m en el sector Nueva España; para las banquetas derecha e izquierda fue de 2 m en los sectores Revolución, Nueva España e Independencia y en el República de 2,5 m.

Al superponer la imagen WorldView-4 clasificada sobre el área de estudio se observó que algunas clases no coincidían con el tipo de cubierta presente en el área, por ello se realizó una reclasificación de está incorporando el inventario del arbolado urbano realizado en la investigación. La imagen reclasificada quedó compuesta por 6 clases: Agua, Asfalto, Metales, Concreto, Pasto y Vegetación densa. A continuación se determinaron las áreas de oportunidad en cada elemento vial base que conforma el periférico. Para ello se empleó la Ecuación 5:

$$T = C + M + Ar + Arb + S \quad (5)$$

Dónde T= área total de un elemento vial base, C= concreto, M= luminaria, Ar= aboles y mixtos, Arb= arbustos, S= suelo desnudo o pasto.

Dado que el suelo desnudo o el pasto en cada elemento vial base es el área de oportunidad óptima para reforestar, para el caso de los árboles es de 5 m, de lo cual se deriva la Ecuación 6:

$$S_1 = C + M + Ar + Arb - T \quad (6)$$

Dónde  $S_1$ = áreas a reforestar con árboles.

Una vez determinadas las áreas de oportunidad para reforestar con árboles ( $S_1$ ) se calcularon las áreas de oportunidad para reforestar con arbustos cuya área óptima es de 1 m, para ello se propuso la Ecuación 7:

$$S_2 = C + M + Ar + Arb + S_1 - T \quad (7)$$

Dónde  $S_2$ = áreas a reforestar con arbustos

### 3.4. Identificación de corredores verdes urbanos

En la identificación de áreas con potencial para ser corredores verdes urbanos se consideraron aquellos espacios lineales con presencia de vegetación que permitieran la conexión de las áreas verdes urbanas dentro y fuera del periférico que facilitarían el tránsito de la fauna urbana. Para determinar estas zonas se tomaron en cuenta características de la metodología empleada por Vásquez y Vergara (2015).

El primer paso consistió en la identificación de áreas que presentarán vegetación continua en ambos lados del periférico. Posteriormente se calculó la cobertura vegetal en cada elemento vial base presentes en estas zonas, para ello se empleó la Ecuación 8:

$$Cv_i = Ar/a \quad (8)$$

Dónde  $Cv_i$  = porcentaje de cobertura verde,  $Ar$  = área ocupada por árboles o arbustos,  $a$  = área total del elemento base vial.

El segundo paso fue el establecimiento de intervalos de cobertura vegetal. Teniendo en cuenta que dentro de los elementos viales base se encuentran varias estructuras (concreto, metales, asfalto, suelo desnudo, vegetación) se corroboró que estos elementos no podían tener más del 75 % de cobertura vegetal, por ello se determinaron tres intervalos de 25 %: cobertura vegetal baja (< 25%) cobertura vegetal media (25 % - 50 %) y cobertura vegetal alta (> 50 %).

Por último, en función del porcentaje de cobertura vegetal se consideró corredor verde lateral cuando la totalidad de los elementos viales base que lo conforman presentan alta

cobertura vegetal; también se consideraron posibles corredores verdes cuando la totalidad de los elementos estuviese conformado por alta y moderada cobertura vegetal (Figura 21).

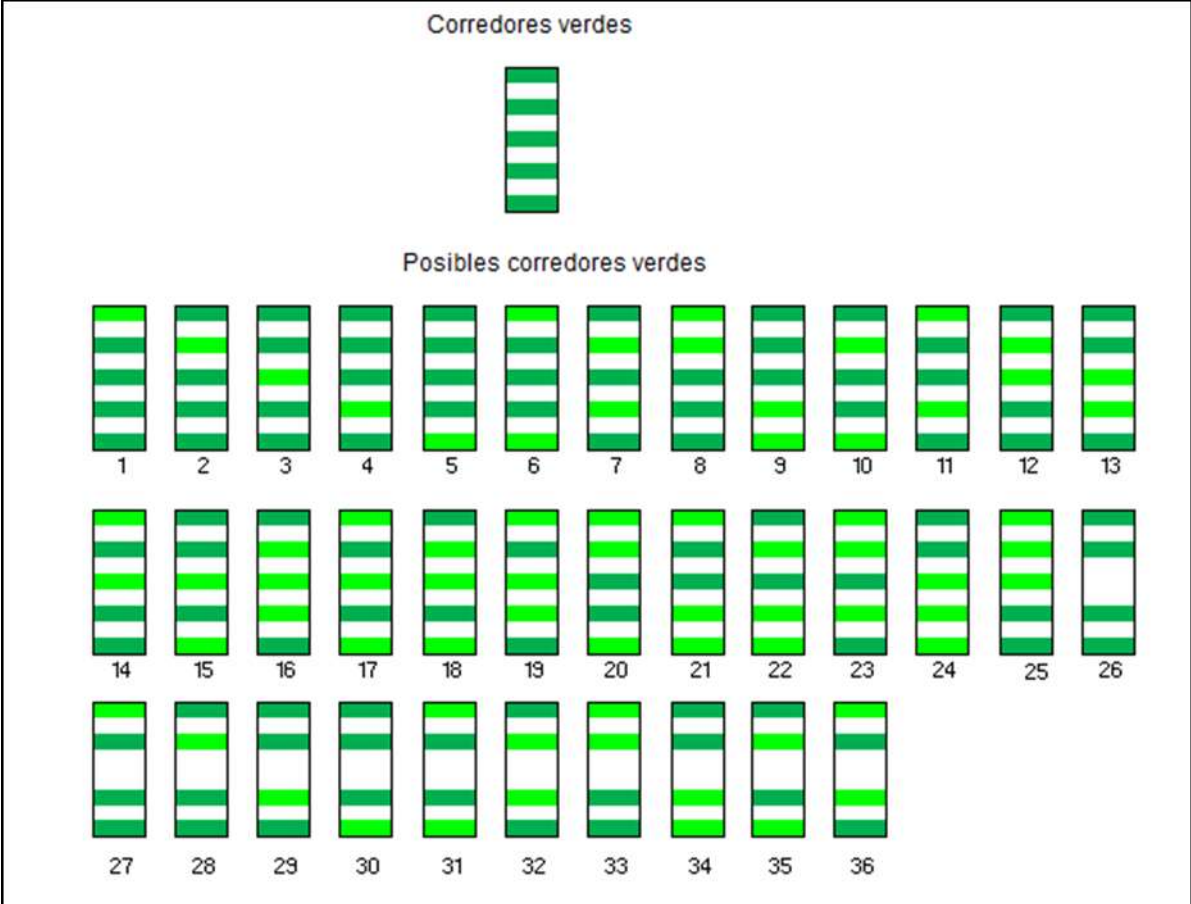


Figura 21. Representación gráfica de corredores verdes, en las que se considera cobertura vegetal alta (color verde oscuro) y cobertura vegetal moderada (verde claro).

Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo 4. Resultados

### 4.1. Inventario del arbolado público urbano

En el inventario realizado del arbolado público urbano se determinó la presencia de un total de 7110 individuos, de los cuales 4591 son árboles que representan el 65%, 1283 mixtos con un 18%, 1236 arbustos con 17% (Anexos 2, 3,4). En la siguiente figura se aprecia la distribución de los individuos en el periférico (Figura 22).



Figura 22. Distribución del Arbolado Público Urbano en el Periférico Paseo de la República.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor abundancia de individuos de arbolado se encuentra al sureste de la ciudad, en el sector Nueva España con 2154 individuos, de ellos 1303 son árboles, 357 son mixtos y 494 arbustos (Figura 23). Mientras que al suroeste, en el sector Independencia se localiza la menor representación de este con 1427 individuos, de los cuales 1000 son árboles, 196 mixtos y 231 arbustos (Figura 24).



Figura 23. Arbolado público urbano en el sector Nueva España.

Fuente: Elaboración propia.

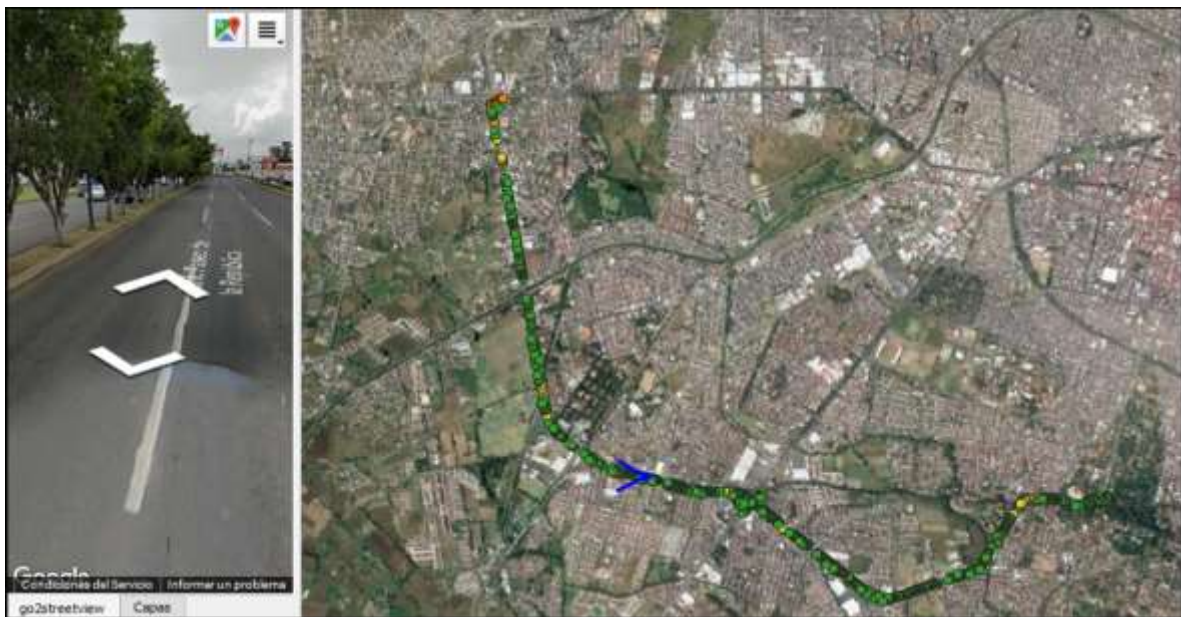


Figura 24. Arbolado público urbano en el sector Independencia.

Fuente: Elaboración propia.

A su vez, en los sectores República y Revolución la presencia de arbolado es significativa, aunque se encuentran varios espacios de suelo desnudo. El sector República cuenta con 1755 individuos, de ellos 1247 son árboles, 351 son mixtos y 157 arbustos. A su vez, el sector Revolución tiene 1774 individuos, de los cuales 1041 son árboles, 379 son mixtos y 354 arbustos (Figura 25).



Figura 25. Arbolado público urbano en sectores República y Revolución.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1. Especies identificadas en el periférico

Se identificaron 50 especies distribuidas en todo el periférico, de ellas 21 son nativas y 29 introducidas (Anexos 5 y 6). La mayor riqueza de especies se observó en los sectores Revolución (39) e Independencia (37), seguido por el Nueva España (34) y por último el República (32). En todos los sectores existe predominio de las especies introducidas, sin embargo en los sectores Revolución e Independencia las especies nativas son notables y se registraron varias de la región de Morelia.

Las especies predominantes son: *Ficus benjamina* con 1744 individuos (25%), *Jacaranda mimosifolia* 1477 (21%), *Casuarina equisetifolia* 738 (10%), *Eucalyptus camaldulensis* 711 (10%), *Bougainvillea spectabilis* 429 (6%), *Fraxinus uhdei* 347 (5%) y *Populus tremoloide* 329 (5%), mientras que el resto de las especies encontradas tienen un porcentaje de representación menor al 2% y se encuentran agrupadas en la categoría Otros (Figura 26).



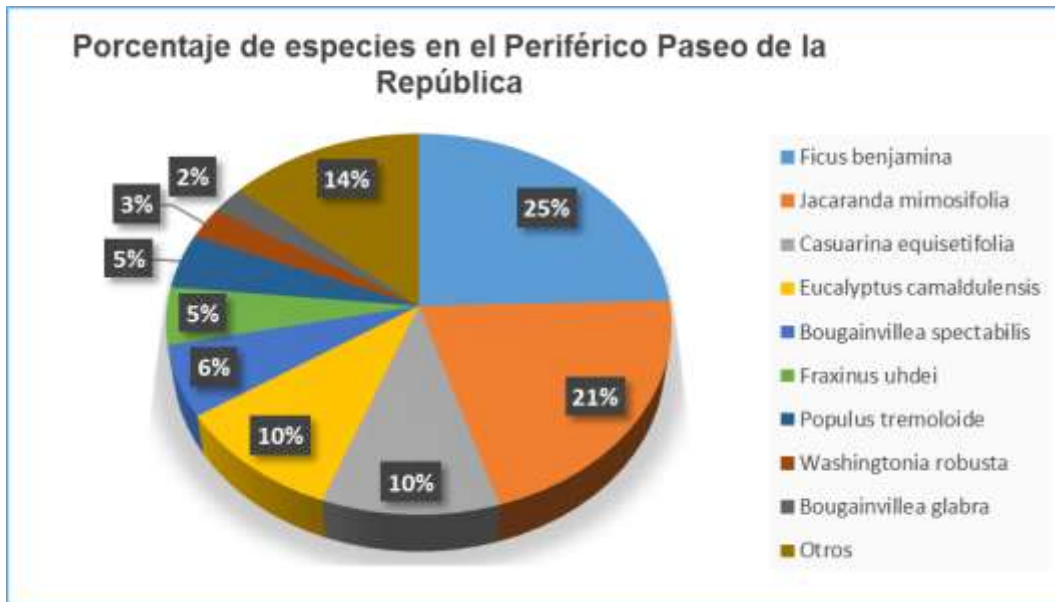


Figura 26. Porcentaje de especies encontradas en el periférico Paseo de la República.

Fuente: Elaboración propia.

En la categoría de árboles predominan las especies de *Ficus benjamina* con 1354 individuos, *Jacaranda mimosifolia* con 753, *Casuarina equisetifolia* con 678, *Eucalyptus camaldulensis* con 642, *Populus tremoloide* con 308, *Fraxinus udhei* con 216 y *Washingtonia robusta* con 128 (Figura 27). Estas se encuentran distribuidas en los cuatro sectores del periférico, sin embargo la abundancia de algunas de ellas se hace notable en un sector en específico. En el caso del *Ficus benjamina* registra el mayor número de individuos en el sector Independencia seguido por el República, la *Jacaranda mimosifolia* presenta los mayores valores en el sector Nueva España continuado por el Revolución, en el sector Nueva España la *Casuarina equisetifolia* muestra los mayores valores de abundancia, el *Eucalyptus camaldulensis* en el sector República seguido por Nueva España y Revolución, el *Populus tremoloide* abunda en los sectores República y Revolución, el *Fraxinus udhei* predomina en el sector Nueva España, y, la *Washingtonia robusta* en el sector Independencia.

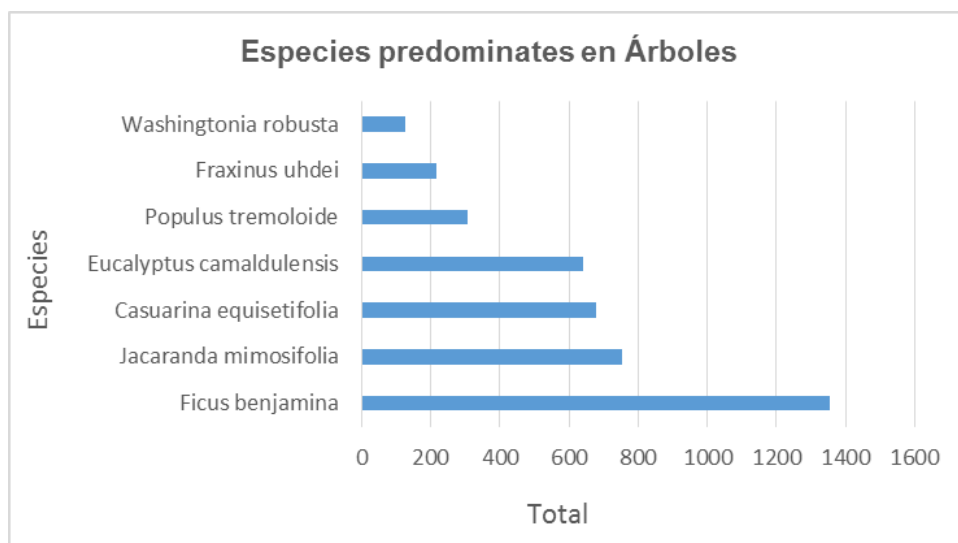


Figura 27. Especies predominantes en árboles dentro del Periférico.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de este marco, en la categoría de mixtos prevalece la *Jacaranda mimosifolia* con 517, seguido de *Ficus benjamina* con 341, *Fraxinus uhdei* con 98 individuos, *Casuarina equisetifolia* con 54, *Spathodea campanulata* con 52 y *Eucalyptus camaldulensis* con 51 individuos (Figura 28). La mayor abundancia de *Jacaranda mimosifolia* se encuentra en el sector Revolución seguido por los sectores República y Nueva España, *Ficus benjamina* en los sectores República e Independencia, *Fraxinus uhdei* y *Casuarina equisetifolia* en el sector Revolución, *Spathodea campanulata* y *Eucalyptus camaldulensis* en el sector Nueva España.

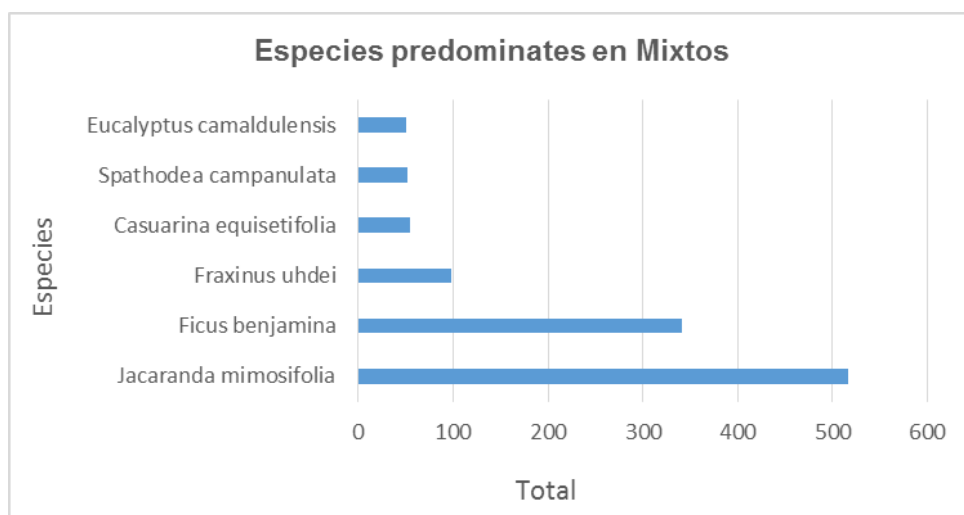


Figura 28. Especies predominantes en mixtos dentro del Periférico.

Fuente: Elaboración propia.

En la categoría de arbustos las especies dominantes son *Bougainvillea spectabilis* con 428 individuos, seguidos por *Jacaranda mimosifolia* con 201, *Bougainvillea glabra* con 163, *Agave americana* con 57, *Ficus benjamina* con 48, *Washingtonia robusta* con 42 y *Bahuinia divaricata* con 38 (Figura 29). La mayor abundancia de *Bougainvillea spectabilis* se ubica en el sector Nueva España seguido por el Independencia, *Jacaranda mimosifolia* y *Bougainvillea glabra* en el sector Nueva España, *Agave americana* en el sector Revolución, *Ficus benjamina* y *Bahuinia divaricata* en el sector Nueva España y *Washingtonia robusta* en el sector independencia.

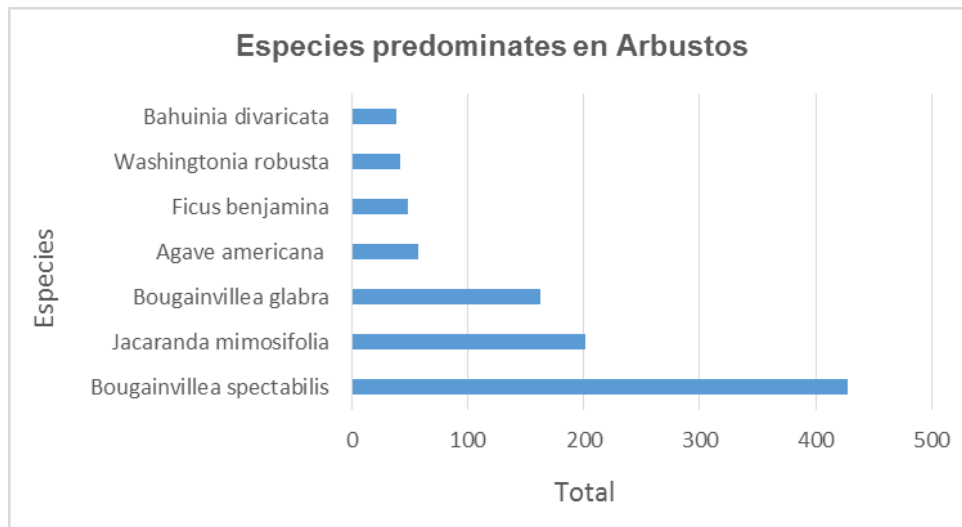


Figura 29. Especies predominantes en arbustos dentro del Periférico.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Daños del arbolado público urbano a la infraestructura vial

En la realización del inventario del arbolado y su verificación en campo se identificaron daños a la infraestructura vial presente en el periférico, estos son: agrietamiento y levantamiento de la carpeta asfáltica de banquetas, daños a las redes aéreas y daños a las luminarias.

Los daños por agrietamiento y levantamiento de la capeta asfáltica a las banquetas se registran en el sector Independencia provocado principalmente por las especies *Ficus retusa* y *Ficus benjamina*, debido a la agresividad de sus raíces (Tabla 1).

Tabla 1. Daños por agrietamiento y levantamiento de la carpeta asfáltica en banquetas

ID Individuos	Tramos del periférico	Elementos base viales	Nombre	Especies
6439	Independencia (IV)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Ficus retusa</i>
6440	Independencia (IV)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
6442	Independencia (IV)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Ficus retusa</i>
6445	Independencia (IV)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Ficus retusa</i>
6452	Independencia (IV)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Ficus retusa</i>
6453	Independencia (IV)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Ficus retusa</i>
6459	Independencia (IV)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
6460	Independencia (IV)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Ficus retusa</i>
6561	Independencia (IV)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
6568	Independencia (IV)	Enlace	Árbol	<i>Pithecellobium dulce</i>
6583	Independencia (IV)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Salix bonplandiana</i>

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los daños del arbolado a las redes áreas se localizan en los cuatro sectores del periférico y las especies que causan mayores afectaciones son: *Casuarina equisetifolia*, *Populus tremoloide*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Fraxinus uhdei* (Tabla 2). Estas afectaciones ocurren debido a que estas especies tienen un crecimiento rápido y por lo general se convierten en árboles de gran porte.

Tabla 2. Daños del arbolado público urbano a las redes áreas

ID Individuos	Tramos del periférico	Elementos base viales	Nombre	Especies
187	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
193	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
194	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
195	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
196	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
316	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
317	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
318	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
319	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
320	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
322	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
2379	Revolución (II)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>

2382	Revolución (II)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
2394	Revolución (II)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
2397	Revolución (II)	Camellón central	Mixto	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
4528	Nueva España (III)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
5065	Nueva España (III)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5066	Nueva España (III)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5067	Nueva España (III)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5068	Nueva España (III)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5069	Nueva España (III)	Banqueta derecha	Mixto	<i>Ficus benjamina</i>
5070	Nueva España (III)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5087	Nueva España (III)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5088	Nueva España (III)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5089	Nueva España (III)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5090	Nueva España (III)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
5680	Independencia (IV)	Glorieta	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
5691	Independencia (IV)	Glorieta	Árbol	<i>Fraxinus uhdei</i>
5738	Independencia (IV)	Glorieta	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5778	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
6460	Independencia (IV)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
6461	Independencia (IV)	Banqueta izquierda	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
6892	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6893	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6894	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
6895	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Fraxinus uhdei</i>
6896	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Mixto	<i>Fraxinus uhdei</i>
6897	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6898	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
6899	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>

6900	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Mixto	<i>Fraxinus uhdei</i>
6901	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Mixto	<i>Fraxinus uhdei</i>
6902	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Mixto	<i>Fraxinus uhdei</i>
6903	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Mixto	<i>Fraxinus uhdei</i>
6904	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
6905	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Mixto	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6906	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6907	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6908	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6909	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6910	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6911	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6912	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6913	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6914	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6915	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6916	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6917	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6918	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6919	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6920	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6921	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6922	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6923	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
6924	Independencia (IV)	Banqueta derecha	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>

Fuente: Elaboración propia.

El daño del arbolado a las luminarias se presenta en los sectores República y Nueva España, y como en el caso anterior (daño a las redes áreas) las especies representativas en este sentido son de gran porte: *Jacaranda mimosifolia*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Populus tremoloide* (Tabla 3).

Tabla 3. Daños del arbolado público urbano a las luminarias

ID Individuos	Tramos del periférico	Elementos base viales	Nombre	Especies
193	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
211	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
221	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
243	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
249	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
316	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
1192	República (I)	Camellón central	Árbol	<i>Populus tremoloide</i>
4984	Nueva España (III)	Camellón lateral derecho	Árbol	<i>Casuarina equisetifolia</i>
5151	Nueva España (III)	Camellón lateral derecho	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5235	Nueva España (III)	Camellón lateral derecho	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5314	Nueva España (III)	Camellón lateral derecho	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5489	Nueva España (III)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Ficus benjamina</i>
5561	Nueva España (III)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5568	Nueva España (III)	Camellón lateral izquierdo	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5574	Nueva España (III)	Camellón lateral derecho	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5602	Nueva España (III)	Camellón lateral derecho	Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
5661	Nueva España (III)	Camellón lateral derecho	Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Tipologías para áreas verdes urbanas lineales

A partir del análisis espacial del periférico de la ciudad de Morelia teniendo en cuenta la configuración vial del mismo se determinó la presencia de 33 tipos de tipología (Tabla 4), las cuales presentan una distribución heterogénea a lo largo del Periférico Paseo de la República.

Tabla 4. Tipos de tipologías presentes en el Periférico Paseo de la República

Tipos de tipologías	Tramos por tipologías	Individuos por tipologías	Longitud de tipologías (Km)
1	15	854	1.71
2	14	706	1.31
3	28	1329	2.61
4	16	637	1.89
5	3	28	0.08
6	1	56	0.03
7	3	136	0.40
8	6	26	0.24
9	10	30	1.06
10	2	29	0.11
11	32	968	3.70
12	13	42	1.27
14	3	12	0.20
15	12	258	1.67
16	6	37	0.16
17	2	3	0.04
18	13	130	0.68
20	8	18	0.83
21	4	7	0.39
22	17	152	1.55
23	1	2	0.09
24	2	9	0.24
26	3	59	0.38
27	8	4	0.69
29	14	191	0.77
31	7	6	0.76
35	1	83	0.16
40	1	20	0.20
42	5	444	0.89
51	6	24	0.81
62	1	0	0.19
63	4	602	0.43
64	3	208	0.42

Fuente: Elaboración propia.



Dentro de los tipos de tipología con mayor presencia en el periférico se encuentra en primer lugar el número 11 (Figura 30). Está presente en 32 tramos del periférico con una longitud total de 3.70 km y la presencia de 968 individuos; la mayor parte de estos tramos se localiza al suroeste de la ciudad en el sector Independencia seguido por el sector Nueva España.



Figura 30. Representación del tipo 11 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón central (rojo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar se ubica el número 3 (Figura 31) con 28 tramos, una longitud total de 2.61 km y 1329 individuos. La casi totalidad de estos tramos (26) se encuentran en el sector Nueva España.



Figura 31. Representación del tipo 3 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja), camellón lateral izquierdo (amarillo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.

El tipo número 22 (Figura 32) se encuentra en tercer lugar de mayor presencia en el libramiento; cuenta con 16 tramos con una longitud total de 1.55 km y 152 individuos, la mayor abundancia de estos tramos se sitúa en el sector Independencia.



Figura 32. Representación del tipo 22 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro) y camellón central (rojo).

Fuente: Elaboración propia.

En cuarto lugar se encuentra el tipo 4 (Figura 33). Cuenta con 16 tramos con una longitud total de 1.89 km y 637 individuos; la mayor parte de los tramos en el sector Independencia.



Figura 33. Representación del tipo 4 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón central (rojo), camellón lateral izquierdo (amarillo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.

El tipo 1 (Figura 34) también se encuentra como uno de los predominantes en el libramiento. Este cuenta con 15 tramos con una longitud total de 1.71 km, 854 individuos y sólo está presente en los sectores Revolución y República.



Figura 34. Representación del tipo 1 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja), camellón central (rojo), camellón lateral izquierdo (amarillo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.

Otros tipos de tipología predominantes son el 2 (Figura 35) y el 29 (Figura 36), ambos con 14 tramos; el número 2 tiene una longitud total de 1.31 km, 706 individuos y se encuentra presente en los sectores Revolución, República y Nueva España. Por su parte, el tipo 29 cuenta con una longitud total de 0.77 km, 191 individuos y la casi totalidad de los tramos se encuentra en el sector Independencia.



Figura 35. Representación del tipo 2 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja), camellón central (rojo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 36. Representación del tipo 29 dónde se considera: camellón central (rojo).

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de este orden de ideas, otros tipos de tipología que tienen relevancia en el periférico son el número 12 (Figura 37) y el 18 (Figura 38) con 13 tramos ambos. El número 12 cuenta con una longitud total de 1.27 km, 42 individuos y se encuentra casi en su totalidad en el sector Nueva España. Mientras que, el número 18 presenta una longitud total de 0.68 km, 130 individuos y está presente en los sectores Independencia y Nueva España.



Figura 37. Representación del tipo 12 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 38. Representación del tipo 18 dónde se considera: camellón central (rojo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.

Por último, el tipo número 15 (Figura 39) presenta 12 tramos con una longitud total de 1.67 km, 258 individuos y está presente en los sectores Revolución y Nueva España.



Figura 39. Representación del tipo 15 dónde se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja) y camellón central (rojo).

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Áreas de oportunidad identificadas en el periférico

Se identificaron áreas de oportunidad para reforestar con árboles y arbustos en cada una de las estructuras viales presentes en el periférico (Tabla 5). Se encontraron un total de 4 508 espacios de 5 m para árboles y 23 189 espacios de 1 m para los arbustos.

Tabla 5. Áreas de oportunidad encontradas en el periférico

Elementos viales base	Árboles	Arbustos
Banqueta Derecha (BD)	634	4 552
Camellón Lateral Derecho (CLD)	457	2 648
Camellón Central (CC)	2 355	7 411
Camellón Lateral Izquierdo (CLI)	446	2 822
Banqueta Izquierda (BI)	616	5 756
TOTAL	4 508	23 189

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 40 se muestra como aparecen representados los espacios de oportunidad para árboles en una parte del camellón central y cómo estos se ajustan con la realidad.



Figura 40. Representación de las áreas de oportunidad en la que se considera: árboles existentes (color verde) y espacios disponibles de 5 m<sup>2</sup> para plantar árboles (color marrón).

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Corredores verdes

Se identificaron 2 áreas que presentan condiciones para convertirse en corredores verdes, si se realizan actividades de reforestación. La primera área es la que conecta el Zoológico Benito Juárez con el Parque Santa Cecilia (Figura 41).



Figura 41. Tramo que conecta el Zoológico Benito Juárez con el Parque Santa Cecilia en la que se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja), camellón lateral izquierdo (amarillo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.

Este tramo tiene tipología 3 y sus elementos viales base tienen una cobertura vegetal baja a moderada: banqueta derecha (5.83 %), camellón lateral derecho (35.76 %), camellón lateral izquierdo (28.38 %) y banqueta izquierda (0.59 %) (Figura 42). Con los valores actuales de cobertura vegetal que presenta este tramo no puede ser considerado corredor verde, sin embargo con la aplicación de un programa de reducción de áreas de concreto por vegetación y reforestar las áreas de oportunidad identificadas puede llegar a convertirse en un posible corredor verde.



Figura 42. Representación de la cobertura vegetal de los elementos viales base en la que se considera: cobertura vegetal baja (línea amarilla) y cobertura vegetal moderada (línea verde claro).

Fuente: Elaboración propia.

La segunda área que se identificó es el tramo del periférico que atraviesa el Río Chiquito (Figura 43). Este tramo tiene tipología 3 y sus elementos viales base tienen cobertura vegetal baja: banqueta derecha (0 %), camellón lateral derecho (15.51 %), camellón lateral izquierdo (0 %) y banqueta izquierda (0 %) (Figura 44). Los resultados arrojan que está área tampoco es un corredor verde, sin embargo como en el área anterior con la aplicación de un programa de reducción de áreas de concreto por vegetación y reforestar las áreas de oportunidad identificadas puede llegar a convertirse en un posible corredor verde.



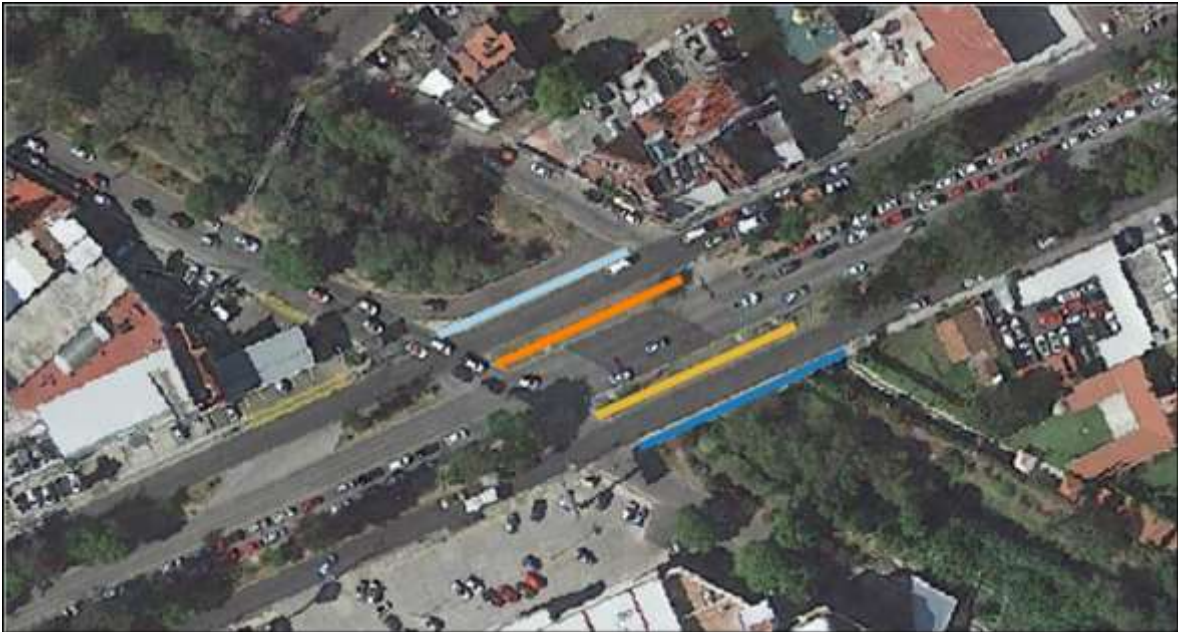


Figura 43. Tramo del periférico que conecta el río Chiquito en la que se considera: banqueta derecha (azul claro), camellón lateral derecho (naranja), camellón lateral izquierdo (amarillo) y banqueta izquierda (azul fuerte).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 44. Representación de la cobertura vegetal de los elementos viales base en la que se considera: cobertura vegetal baja (línea amarilla).

Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo 5. Discusión

A partir de los hallazgos encontrados se corroboró que el proceso de planificación de las áreas verdes urbanas conformado por el inventario, clasificación y evaluación de las áreas verdes, es un mecanismo que les permitirá a los gobiernos desarrollar programas de monitoreo y establecer políticas públicas para el adecuado manejo de las mismas. Es por ello, que en el presente capítulo se analiza la metodología empleada, las limitaciones encontradas y los resultados obtenidos en la investigación.

### 5.1. Inventario del arbolado público urbano

Los resultados obtenidos a partir de la elaboración del inventario de arbolado público urbano demostraron que este es una herramienta imprescindible para diagnosticar de forma práctica y efectiva las condiciones en las que se encuentra este componente urbano y de esta forma orientar las políticas para su adecuada intervención y eficiente gestión (Madrigal y Gómez, 2007; Rodríguez, 2010, Benavides, 2015; Duval y Benedetti, 2017; Villadermos, 2018; Ramos, 2019). Sin embargo, una de las limitantes que se presentó a la hora de realizar el inventario es que se emplearon solamente las imágenes de Google Earth y Google Street View de acceso público ya que no se contaron con los recursos para acceder a los otros insumos empleados en el método desarrollado por Morales *et al.* (2018). No obstante, esto no comprometió los resultados obtenidos debido a que se realizó un trabajo de campo detallado enfocado en la localización de los individuos donde las imágenes Google Street View no ofrecían una visión clara o no tenían cobertura.

Con la elaboración del inventario del arbolado se encontró que se encuentra conformado mayormente por árboles, y en menor medida por árboles en su primera etapa de crecimiento (mixtos) y arbustos. También, presenta una desigual distribución, ya que la mayor presencia de individuos se registra al sureste y sur de la ciudad (Sector Nueva España), mientras que al suroeste y noroeste (Sectores Independencia y República) se registran los menores valores. Estos resultados guardan relación con lo que sostienen León (2008) y Lara *et al.* (2012), quienes señalan que la mayor parte de la superficie verde total de la urbe se localiza al sureste dónde se concentra la población de mayores recursos económicos, mientras que, al noroeste donde reside la población con rangos de pobreza y marginación altos se presenta un gran déficit de estas áreas, así como terrenos baldíos o abandonados (CONEVAL, 2015; H. Ayuntamiento de Morelia *et al.*, 2016).

En función de lo planteado, cabe considerar que un factor que puede estar influyendo también en la desigual distribución del arbolado en el periférico son las dimensiones de los elementos viales base que lo conforman. Por ejemplo, los Sectores República, Revolución y Nueva España están conformados por camellones y banquetas de amplitudes considerables que permiten albergar mayor cantidad de individuos, mientras que el sector Independencia sólo presenta un camellón central de poca dimensión y ausencia de camellones laterales, así como banquetas de espacios muy reducidos, condiciones que pueden explicar porque es el sector con menor arbolado del libramiento.

Además, se identificó un total de 50 especies, de las cuales más del 60 % se encuentran presente en los cuatro sectores del periférico. Las especies predominantes en el libramiento son casi en su totalidad introducidas: *Ficus benjamina*, *Jacaranda mimosifolia*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Bougainvillea spectabilis*, *Populus tremoloide*, excepto el *Fraxinus udhei*. Estos resultados guardan relación con el estudio realizado por Madrigal-Sánchez y Gómez (2007) quienes en su investigación concluyeron que en la ciudad de Morelia se registran 67 especies, de las cuales en este estudio se encontraron 27. A su vez, las especies predominantes encontradas en los diferentes sectores de la ciudad están presentes en ambos estudios. Sin embargo, en lo que no concuerda la investigación de los autores referidos con la presente, es que ellos mencionan que la mayor presencia de especies se encuentra al oeste de la ciudad y que estas son predominantemente nativas, mientras que este estudio encontró que la mayor riqueza de especies se localiza en el noreste, en el sector Revolución seguido por el sector Independencia al oeste de la ciudad.

Dentro de este marco de ideas, otro de los resultados obtenidos a partir de realizar el inventario es la identificación de las especies que causan daños a la infraestructura vial, en este sentido, se halló que las especies causantes del agrietamiento y levantamiento de la carpeta asfáltica de banquetas son del Género *Ficus* (*Ficus benjamina* y *Ficus retusa*). Autores como Vargas y Molina (2010) sustentan que el *Ficus* es una especie que causa severos daños a las cimentaciones de construcciones y a las redes de acueducto y alcantarillado por la agresividad de sus raíces, ya que es un especie hidrófita y tiene un sistema radicular superficial que en busca del agua afecta las estructuras antes mencionadas.

Otras afectaciones encontradas son el daño a las redes áreas y a las luminarias, ambas por especies introducidas casi en su totalidad (*Eucalyptus camaldulensis*, *Populus*

*tremoloide*, *Casuarina equisetifolia*, *Ficus benjamina*, *Jacaranda mimosifolia*) y en menor medida por *Fraxinus udhei* especie nativa de México. Estos resultados guardan relación con lo planteado por Molina y Vargas (2007) y Vargas y Molina (2010) donde sustentan que las especies introducidas en las ciudades por los programas de arborización muchas veces pasan directamente de los viveros sin ningún tipo de análisis previo a formar parte de la arborización urbana, reafirmando los resultados de una arborización negativa que se basa en el material disponible en los viveros, y no en el estudio de las especies con el fin de averiguar si son aptas o no.

## **5.2. Tipologías para áreas verdes urbanas lineales**

El enfoque matemático - estadístico empleado para elaborar una tipología para áreas verdes lineales teniendo en cuenta la configuración vial de estos espacios es un marco de referencia que permite clasificar las áreas verdes urbanas y que puede ser aplicado a futuros estudios de zonas con características análogas. Es importante mencionar que para obtener resultados más precisos a la hora de definir los tipos de tipología en las vialidades se debe realizar la cartografía a detalle de estas, definiendo bien los límites de las banquetas y camellones lo que a su vez repercute en la determinación de las áreas de oportunidad para reforestar en estos elementos viales.

Se encontró que el periférico tiene 33 tipos de tipología de las 64 posibles combinaciones que forman los elementos viales base y las estructuras que se encuentran en una vialidad. Estos resultados evidencian la gran diversidad de tipologías que pueden existir al momento de clasificar un área verde urbana, ya sea diferenciándolas de acuerdo a su superficie, diseño arquitectónico, función recreativa, ecológica o social lo que responde a las particularidades geográficas, necesidades sociales y estrategias o programas que se trazan los gobiernos (Falcón, 2007; Flores y González, 2010); así como a su implementación en los planes territoriales de las ciudades (Cantó, 2014; CEA, 2014; Feria y Santiago, 2017; Lotta, 2012; Rodríguez y Aguilera, 2016; Tovar, 2016).

Las tipologías que más se adecuan a los resultados obtenidos son las desarrolladas por Lara *et al.* (2012) y Peña (2016) ya que ambas se adecuan al marco legislativo y normativo existente en México y tienen en cuenta las áreas verdes lineales vinculadas a la vialidad. Sin embargo, la propuesta de Lara *et al.* (2012) difiere de la tipología presentada en que sólo considera aquellos espacios lineales sobre la infraestructura vial existente con un ancho mayor a 5 metros y una alta densidad arbórea dejando excluidos otros espacios con menor amplitud, mientras que la tipología presentada reconoce todos los camellones y

banquetas sin hacer restricción por su amplitud o longitud. Un ejemplo de lo mencionado, es el sector Independencia que presenta un camellón central con un ancho de 3 metros y ausencia de camellones laterales y sin embargo es uno de los de mayor riqueza de especies en el periférico, lo que deja en evidencia que los pequeños espacios verdes pueden contener una gran diversidad biológica.

### **5.3. Áreas de oportunidad**

La identificación y cuantificación de las áreas de oportunidad en el periférico arrojó que existen 4508 espacios de 5 m para árboles y 23 189 espacios de 1 m para arbustos. La metodología empleada para determinar estas áreas mostró ser muy efectiva y acertada a la realidad, sin embargo para resultados más precisos como se mencionó anteriormente en el apartado de tipologías se debe realizar la cartografía a detalle del periférico.

Estos resultados difieren de lo planteado por Díaz (2012), García (2012) y Guzmán *et al.* (2012) quienes argumentan diferentes metodologías para encontrar zonas para reforestar. Díaz (2012) plantea que a través del cálculo de dióxido de carbono producido por el flujo vehicular en las avenidas se puede conocer la cantidad de árboles que serían necesarios para absorber los niveles de dióxido de carbono presentes en las vías de una ciudad. Por otra parte, García (2012) esboza que determinar el tipo de suelo que existe en un lugar determinado permite definir las plantas o árboles que se pueden sembrar para mejorar la vida de los habitantes en las ciudades. Los estudios mencionados sólo se enfocan en determinar la cantidad de árboles que se deben plantar para eliminar contaminantes atmosféricos, así como también las especies que se pueden plantar en un área determinada por el tipo de suelo sin embargo no se enfocan en una metodología que contemple como es la configuración vial de las vialidades ni en las condiciones que presenta el arbolado urbano que las conforma.

### **5.4. Corredores verdes**

La metodología para identificar áreas en el periférico con potencial para convertirse en corredores verdes que permitan la conexión de arbolado y otras áreas verdes dentro y fuera del periférico guarda similitud con la metodología empleada por Vásquez y Vergara (2015). En ambos estudios se establecieron intervalos de cobertura vegetal en las vialidades con presencia de vegetación, donde se consideró corredores verdes las zonas con conectividad que tienen cobertura vegetal alta, así como posibles corredores verdes a las vialidades con cobertura vegetal moderada y alta que tienen potencial para aumentar el arbolado que no

existe actualmente y sustituir el concreto por vegetación. En lo que no concuerda el presente estudio con lo planteado por estos autores, es que ellos consideran que todas las vialidades tienen la capacidad de albergar el 100 % de cobertura vegetal mientras que en esta investigación se discurre que dentro de los elementos viales base (banquetas y camellones) que se encuentran en las vialidades se localizan varias estructuras (concreto, metales, asfalto, suelo desnudo) por lo que no pueden contener más del 75%.

Se identificaron dos áreas con potencial para ser corredores verdes, la primera es la que conecta el Zoológico Benito Juárez con el Parque Santa Cecilia y la segunda es el tramo del periférico que atraviesa el Río Chiquito. Estos resultados guardan relación con lo planteado por Arroyo *et al.*, (2012) quienes identificaron el Río Chiquito como un potencial corredor verde que puede garantizar la conectividad para peatones y ciclistas entre las áreas urbanas y las naturales de este. Estos autores argumentan que es un espacio fragmentado, con poco mantenimiento y diferencias de cobertura vegetal en sus diferentes tramos. Lo planteado anteriormente se corroboró en este estudio, ya que el tramo del Río Chiquito en el sector Nueva España presenta cobertura vegetal baja debido a que las banquetas y camellones que lo conforman están desprovistos casi en su totalidad de vegetación. Sin embargo, con la aplicación de medidas enfocadas en la reforestación y reducción de áreas de concreto por vegetación, el Río Chiquito puede llegar a convertirse en un corredor verde que atraviese la ciudad de Morelia y genere beneficios sociales, económicos y ambientales para su población.

## Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones

- Los inventarios de arbolado público urbano demostraron ser una herramienta imprescindible para diagnosticar de forma práctica y efectiva las condiciones en las que se encuentran las poblaciones arbóreas en las ciudades y de esta forma orientar las políticas para su adecuada intervención y eficiente gestión.
- El empleo de imágenes satelitales obtenidas de las plataformas de Google Earth y Google Street View aunado al trabajo de campo permitió la correcta localización e identificación de los individuos que conforman al arbolado público urbano presente en el periférico.
- Se determinó la presencia de un total de 7110 individuos en el periférico, de los cuales 4591 son árboles que representan el 65 %, 1283 mixtos con un 18 % y 1236 arbustos con 17 %.
- El arbolado público urbano mostró una distribución desigual, ya que la mayor abundancia de este se encuentra en el sector de Nueva España, zona donde se localiza la población de mayores recursos económicos; mientras que en los sectores Independencia y República se encontraron las áreas menos arboladas coincidiendo con las zonas en la que la población tiene menores recursos económicos.
- Se identificaron 50 especies distribuidas en todo el periférico, de ellas 21 fueron nativas y 29 introducidas. La mayor riqueza de especies se observó en los sectores Revolución e Independencia, seguido por Nueva España y República.
- Las especies predominantes en el libramiento fueron *Ficus benjamina*, *Jacaranda mimosifolia*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Bougainvillea spectabilis*, *Fraxinus uhdei* y *Populus tremoloide*.
- Se identificaron daños a la infraestructura vial presente en el periférico como: agrietamiento y levantamiento de la carpeta asfáltica de banquetas, daños a las redes aéreas y daños a las luminarias.
- El enfoque matemático - estadístico empleado para determinar una tipología para áreas verdes lineales permitió la clasificación de estas áreas a partir de su configuración vial, y puede ser un marco de referencia para futuros estudios en otras ciudades que cuenten con características similares al periférico de Morelia.

- Se encontraron 33 tipos de tipologías presentes en el periférico, de las cuales predominan las: 11, 3, 22, 4, 1, 2, 29, 12,18 y 15.
- La metodología empleada para determinar las áreas de oportunidad mostró ser una herramienta eficaz para cuantificar e identificar las áreas a reforestar con árboles y arbustos dentro del periférico.
- Se identificaron 4 508 áreas de 5 m para reforestar con árboles y 23 189 áreas de 1 m para los arbustos.
- La identificación de áreas con potencial para convertirse en corredores verdes en el periférico arrojó que la zona que conecta el Zoológico Benito Juárez con el Parque Santa Cecilia y el tramo del periférico que atraviesa el Río Chiquito presentan características de conectividad con otras áreas verdes de la ciudad, sin embargo necesitan realizarse actividades de reforestación para que estas áreas puedan ser consideradas a futuro corredores verdes.
- La metodología empleada en esta investigación contribuye a la planificación de las áreas verdes urbanas al inventariar, clasificar y evaluar las áreas verdes lineales vinculadas a las vialidades en las ciudades.



## **Recomendaciones**

- Replantear la política actual de las áreas verdes de la ciudad de Morelia, fijando estrategias para su desarrollo integral.
- Realizar diagnósticos y estudios para aumentar y mejorar la información existente sobre estas áreas.
- Desarrollar programas de reforestación en las áreas de oportunidad identificadas en este estudio.
- Efectuar programas de arborización en las avenidas del centro y periferia de la urbe para garantizar la conectividad de estos espacios y generar una red verde.
- Implementar esquemas de trabajo para acondicionar y mejorar las áreas verdes localizadas al suroeste y noroeste de la ciudad donde se encuentra la población más pobre y marginada.
- Realizar estudios en el resto de la ciudad para identificar áreas con potencial para ser corredores verdes.
- Diseñar acciones para convertir en corredores verdes las áreas identificadas en esta investigación.
- Contemplar la opinión de la población al diseñar planes de manejo de las áreas verdes urbanas en la ciudad de Morelia.

## Referencias Bibliográficas

- Alanís, G. (2005). El arbolado urbano en el Área Metropolitana de Monterrey. Revista Ciencia UANL, ISSN 1405 - 9177, núm. 001, vol. VIII, pp. 20 - 32, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- ALDF, A. L. (2000). Ley ambiental del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal, México.
- Aita, L.G. y Angeoletto, F. (2019). Sistema de Parques e Corredores Verdes de Raleigh, Carolina do Norte, EUA: um Parque com a cidade dentro. Revista Terr@Plural, Dossier ciudades promedio de hoy y del futuro, núm. 3, vol. 13.
- Antaramián, H.E. y García, E.O. (2005). El uso de la teledetección en la cuantificación de áreas verdes urbanas en Michoacán. Ciencia Nicolaita, vol. 40, pp. 55 - 66.
- Arreygue, E., Garduño, V., Canuti, P., Casagli, N. y Lotti, A. (2005). Riesgos geomorfológicos e hidrológicos en la Ciudad de Morelia, Michoacán, México. Revista Geotermia, núm. 1, vol. 18, Enero - Junio de 2005.
- Arroyo, G., Brown, J., Cummings, D., Dudokh, D., Gill, D., Güiza, F., Marshall, S., Marteleira, M., McCall, M., Medina, C., Mozo, J.S., Murray, M., Perez, C.J., Reiss, V., Sametz, D., Taleghani, A., Tweedie, A., Vieyra, A. and Honey-Rosés, J. (2016). Solidarity: A plan to restore the Chiquito River and reclaim public space in Morelia, México. School of Community and Regional Planning, University of British Columbia. Research Center in Environmental Geography, National Autonomous University of Mexico. Municipal Planning Institute of Morelia.
- Asociación Europea del Cinturón Verde (2020). European greenbelt. Radolfzell, Alemania, consultado en: <https://www.europeangreenbelt.org/european-green-belt/ecological-network/>.
- Ayuntamiento de Madrid. (2019). Resumen ejecutivo del diagnóstico de situación del plan estratégico. Plan de infraestructura verde y biodiversidad, consultado en: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Parques-y-jardines/Plan-e-Infraestructura-Verde-y-biodiversidad>
- Bai, X., Salk, D., Brag, T., Douglas, I., Elmquist, T., Rec, W., Stterulawaite, D., Songsore, J. y Zlotnik, H. (2005). Urban systems. Revista Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems a human well-being, vol. I, Current state and trends, pp. 795 - 825.

- Barradas, V. y J-Seres, R. (1988). Los pulmones urbanos. Revista Ciencia y Desarrollo núm. 78, pp. 61 - 72.
- Benito, V.L. (2014). Los Corredores Verdes: su importancia en la estructuración ambiental y urbanística en entornos metropolitanos. El caso práctico del suroeste metropolitano de Madrid. XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información. 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.
- Benavides, H.M. (2006). Situación y características del arbolado en las áreas verdes de las delegaciones Cuauhtémoc y Venustiano Carranza, Distrito Federal. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, pp.81.
- Benavides, H.M. (2015). Caracterización y determinación de la densidad del arbolado urbano en las áreas verdes de la delegación Miguel Hidalgo, Distrito Federal, pp. 71.
- Bordes-Pagès, E. (2002). Public, living and city spaces public spaces and green space plans: An avant-garde combination, consultado en: [http://www.iaurif.org/en/doc/studies/cahiers/cahiers\\_133/uk\\_PARTIE%20II\\_C133.134\\_MIDM.pdf](http://www.iaurif.org/en/doc/studies/cahiers/cahiers_133/uk_PARTIE%20II_C133.134_MIDM.pdf).
- Bonatto, D.A. (2016). Corredores verdes para a reabilitação urbana e ambiental de espaços livres públicos. Departamento de Arquitectura e Urbanismo Victoria-ES, Universidade Federal do Espírito Santo. Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 3, pp. 32 - 45, consultado en: <https://doi.org/10.22533/at.ed.4261920084>.
- Calaza, P. (2012). El arbolado en la infraestructura verde a escala urbana. Servicios ecológicos y su cuantificación económica, consultado en: <https://www.researchgate.net/publication/280723570>.
- Cannas, I., Lai, S., Leone, F. y Zoppi, C. (2018). Integrating green infrastructure and ecological corridors: A study concerning the metropolitan area of Cagliari, Italy. Smart Planning: Sustainability and Mobility in the Age of Change. Green Energy and Technology. Springer international Publishing AG, part of Springer Nature 2018, ISBN: 978-3-319-77681-1, consultado en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77682-8>.
- Canosa, E., Sáez, E., Sanabria, C. y Zavala, I. (2003). Metodología para el estudio de los parques urbanos: La Comunidad de Madrid. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, ISSN: 1578-5157, núm. 3, pp.160 - 185.

- Cantó, T. (2014). La planificación y gestión de la infraestructura verde en la comunidad Valenciana. Revista Aragonesa de Administración Pública, ISSN 2341-2135, núm. 43 - 44, Zaragoza, 2014, pp. 215 - 234.
- Caro, C. E. y Miranda, M.J. (2015). Permutaciones, Combinaciones y Teorema Fundamental del Conteo, consultado en: [www.academia.edu](http://www.academia.edu).
- Centro de Estudios Ambientales (CEA). (2014). La infraestructura verde urbana de Victoria Gasteiz. Ayuntamiento de Victoria Gasteiz.
- Cheltenham Borough Local Plan. (1997). Urban green environment, consultado en: [https://www.cheltenham.gov.uk/downloads/46/planning\\_policy](https://www.cheltenham.gov.uk/downloads/46/planning_policy).
- Cliff, T. (1982). Paisaje urbano. Madrid. Editorial Blume.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). Prácticas de reforestación. Manual básico. Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera edición 2010, pp.64.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2018). Glosario. Innovación Forestal Revista Electrónica de Divulgación Científica Forestal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo CONACYT - CONAFOR.
- Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). (2014). Infraestructuras verdes urbanas y periurbanas. Madrid, 24 al 27 de noviembre de 2014.
- Consejo Nacional de la Vivienda (CONAFOVI). (2005). Guía para el diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales. México DF.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONAVAL). (2015). Rangos según el porcentaje de pobreza extrema por AGEB Michoacán, consultado en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/POBREZA-URBANA-EN-MEXICO-2015.aspx>.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2014). Manual de plantación de árboles en áreas urbanas. Gerencia Forestal, Departamento de Arborización, Ministerio de la Agricultura, Gobierno de Chile, ISBN: 978-956-7669-41-7.
- Crompton, J.L. (2001). The impact of parks on property values: a review of the empirical evidence. Journal of Leisure Research, vol. 33 (1), pp.1 - 31.

- Delgado, C., Alcántara, I., Bautista, F., Gogichaishvili, A., Márquez, C., Cejudo, R., Morales, J. y González, I. (2017). Distribución espacial de Fe, Li, Pb, Mn, V, y Zn en suelos urbanos de Morelia, Michoacán, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* vol. 34 (3), pp. 427- 440, 2018.
- Díaz, M. (2012). Caracterización de propiedades físico - químicas del suelo parque Graciela Pintado de madrazo y áreas aledañas destinadas para reforestación, en la ciudad industrial, centro Tabasco. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, Instituto Tecnológico Superior de Misantla.
- Dirección General de Gestión Ambiental (DGGA). (2015). Manual de manejo de vegetación urbana para la ciudad de León. Administración Pública Municipal 2012 - 2015, León, Guanajuato.
- Dron, D. y Blaudin-de-Thé, C. (2012). Type d'habitat et bien-être des ménages. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. Commissariat Général au Développement Durable. Collection Etudes et documents, núm. 63, pp.18.
- Duval, V.S. y Benedetti, G.M. (2017). Diagnóstico del arbolado público lineal del entorno de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. Departamento de Geografía y Turismo. Junta de Geografía de la Provincia de Corrientes, ISBN: 978-987-46760-0-9.
- Engemann, K., Pedersen, C.B., Arge, L., Tsirogiannis, C., Mortensen, P. y Svenning, J.C. (2019). Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, núm.11, vol. 116, pp 5188 - 5193, consultado en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1807504116>.
- Ersoy, E., Jorgensen, A. y Warren, P.H. (2019). Identifying multispecies connectivity corridors and the spatial pattern of landscape. *Journal Urban Forestry & Urban Greening*. ELSEVIER, núm. 40, pp. 308 - 322.
- Escobedo, F., Hernández, J., De la Maza, C.L., Nowark, D. y Crane, D. (2004). El arbolado urbano de Santiago de Chile. Seminario Internacional: Funciones y Valores del Arbolado Urbano. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Publicaciones Misceláneas núm. 5, pp. 50 - 54.
- Escobedo, F. y Chacalo, A. (2008). Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano en la Ciudad de México. *Revista Interciencia*, ISSN

0378-1844, núm.1, vol. 3, pp. 29 - 33. Asociación Interciencia, Caracas, Venezuela, consultado en: [www.redalyc.org/articulo.oa?id=33933105](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33933105).

Falcón, L. M. (1994). Situación de los árboles y arbustos de alineación de las delegaciones políticas Azcapotzalco y Gustavo A. Madero, Distrito Federal.

Falcón, A. (2007). Espacios verdes para una ciudad sostenible. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona.

Feria, J. y Santiago, J. (2017). Naturaleza y ciudad. Perspectivas para la ordenación de la infraestructura verde en los planes territoriales de España. Departamento de Geografía, Filosofía e Historia. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. España, consultado en: <https://www.researchgate.net/publication/319187458>.

Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco e Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (FIPRODEFO e IIEG, 2018). Programa de Ordenamiento de Arbolado y Áreas Verdes Urbanas.

Flores, R. y González, M. (2010). Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, ISSN 2007-1132, núm.1, vol.1, pp. 17 - 24.

Galindo, A. S. y Victoria, R. (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca. Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de México. Revista Quivera, ISSN 1405-8626, pp. 98 - 108.

Gallo, M.H. (2017). Servicios ecosistémicos del arbolado urbano del Carmen de Bolívar, Departamento de Bolívar. Facultad de Educación y Ciencias, Universidad de Sucre.

García, D. (2012). Diagnóstico para recuperación de áreas verdes en ciudad industrial para contribuir a la mitigación del Cambio Climático en Villahermosa, Tabasco. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

Georgia Forestry Commission. (2001). Georgia model urban forest book, consultado en: <http://www.gfc.state.ga.us/Resources/Publications/CommunityForests/GeorgiaModelUrbanForestBook.pdf>.

Gonzaga, C. (2014). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona

- centro de la provincia de Loja, Ecuador. Tesis de Maestría en Geomática, Universidad Nacional de La Plata, pp. 120.
- González, V. C.E. (1983). Aspectos de la dasonomía urbana en México. *In: Primeras Jornadas Forestales Hispano-Americanas. Publicación Especial núm. 41.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, S.A.R.H. México, pp. 376 - 383.
- González, V. C.E. (1984). Los inventarios en la Dasonomía Urbana. *In: Memoria del Encuentro Nacional sobre Inventarios Forestales. Publicación Especial núm.45.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, S.A.R.H. México, pp. 63 - 82.
- Guzmán, E., Anell, R.M., Ramírez, M.A. y Oropeza, D.R. (2012). Reforestación y rescate de especies nativas forestales en las unidades habitacionales aledañas a la ciudad industrial y en el Instituto Tecnológico de Villahermosa. *Revista Innovación & Sustentabilidad Tecnológica, Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Año 1, No., pp. 157-163.*
- H. Ayuntamiento de Morelia. (2012). Plan Municipal de Desarrollo Morelia 2012 - 2015.
- H. Ayuntamiento de Morelia, Instituto Municipal de Planeación de Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Secretaría de Desarrollo Territorial, Urbano y Movilidad, (2016). Morelia NexT 2041 Plan de Gran Visión. Morelia, México. ISBN: 878-608-8174-2.
- H. Ayuntamiento de Morelia. (2019). Primer Informe de Gobierno 2018 - 2021.
- Heidt V. y Neef M. (2008). Benefits of Urban Green Space for Improving Urban Climate. *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests, Springer, New York, pp. 84 - 96.*
- Hernández, J. (2008). Vegetación Urbana en Santiago de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Santiago de Chile.
- Hernández, J. y Vieyra, A. (2010). Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad Mexicana. ¿El desastre nace o se hace? *Revista de Geografía, Norte Grande, vol.47, pp.45 - 62.*
- Instituto Municipal de Planeación de la ciudad de León (2012). Estrategia Integral de Áreas Verdes en la Ciudad de León, pp. 270 - 275.

- Instituto Municipal de Planeación de Morelia (IMPLAN). (2015). Plan Municipal de Desarrollo 2015 - 2018. Morelia NexT 1.0. IMPLAN Morelia y Ayuntamiento de Morelia 2015 - 2018. Morelia, México, pp. 212.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2012). Estructura de la Red Nacional de Carreteras. Etapa II Modelado.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2015). Panorama sociodemográfico de Michoacán de Ocampo. Encuesta Intercensal 2015.
- Jiménez, M. (2013). Corredores verdes y corredores ecológicos en la planificación espacial: historias y encuentros. Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid, consultado en: <https://www.researchgate.net/publication/271271798>.
- Kaczynski, A.T. y Henderson, K.A. (2007). Environmental Correlates of Physical Activity: A review of evidence about parks and recreation. Leisure Sciences, vol. 29 (4), pp. 315 - 354.
- Kent, M. & Coker, P. (1992). Vegetation description and analysis. A practical approach. Belhaven Press, London, pp. 363.
- Krishnamuthy, L. y Nascimento, R.J. (1998). Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Centro de Agroforestaría para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Memoria del Seminario Internacional celebrado en la Ciudad de México del 2 al 5 de diciembre de 1996.
- Lara, L., Larrazábal de la Vía, A. y Vieyra, J. (2012). Calidad, funcionalidad y accesibilidad de las áreas verdes de la ciudad de Morelia, Michoacán. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lemus, J., Vélez, C., Zapata, N. y Machado, M. (2014). Herramientas del proceso de valoración del sistema arbóreo urbano componente de los activos ambientales del municipio de Medellín. Trabajos de Grado Contaduría Pública, vol. 8, núm.1, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Antioquía.
- León, J. (2008). Las áreas verdes urbanas en las ciudades de Michoacán: estructura, tipología y criterios para su planeación y diseño. Tesis de Doctorado en Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México.



- López, E. (1999). Cambio de uso de suelo y el crecimiento urbano en la ciudad de Morelia, Michoacán. Tesis de maestría, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- López, E.C. (2013). Beneficios en la implementación de áreas verdes urbanas para el desarrollo de ciudades turísticas. Revista de Arquitectura, Urbanismo y Ciencias Sociales, vol.IV, núm.1, Centro de Estudios de América del Norte, El Colegio de Sonora.
- Loram, A., Tratalos, J., Narren, P. y Gaston, K. (2006). Urban domestic gardens (X): The extent & structure of the resource in five major cities. Landscape ecology, vol. 22, pp. 601 - 615.
- Lotta, F. (2012). Redes verdes y planeamiento urbanístico. Instrumentos urbanísticos para la construcción y gestión de la estructura reticular. Tesis de Doctorado, Universidad de Palermo, Argentina.
- Luttik, J. (2000). The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands. Landscape and Urban Planning, vol. 48 (3-4), pp.161 - 167.
- Lluisupa, X.E., Zhagüi, L. M. y Cabrera, N.E. (2016). Diseño Urbano-Arquitectónico de Infraestructura Verde en la Cabecera Parroquial de Sinincay del Cantón Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca.
- Maas, J. (2008). Vitamin G: Green environments- Healthy environments. Institute for Health Service Research, pp. 254.
- Madrigal, X. y Gómez, M. (2007). Árboles de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México. Herbario de la Facultad de Biología, núm. 9, pp.12 - 22, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Martínez, G.H. (1989). Estudio descriptivo de los árboles más comunes en la Ciudad de México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, Distrito Federal, pp. 268.
- Martínez, J., Montero, M. y de la Roca, J.M. (2016). Efectos psicoambientales de las áreas verdes en la salud mental. Sociedad Interamericana de Psicología, ISSN: 0034-9690, núm. 2, vol. 50, pp. 204 - 214.
- Maurín, M. (2005). La fragmentación de la naturaleza y los corredores verdes. Departamento de Geografía, Universidad de León, ISBN: 84-9773-184-0, pp. 566.

- McLain, R., Poe, M., Hurley, P. T., Lecompte-Mastenbrook, J. and Marla, E., R. (2012). Producing edible landscapes in Seattle's urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol.11 (2), pp.187 - 194.
- Meza, M. C. y Moncada, J. O. (2010). Las áreas verdes de la Ciudad de México. Un reto actual. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, ISSN: 1138-9788, núm. 331 (56), vol. XIV.
- Mitchell, R. and Popham, F. (2008). Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *The Lancet*, vol. 372 (9650), pp.1655 - 1660.
- Morales, L., Hernández, A., Arizaga, S., Coba, P., García, C., Vargas, N., Ramírez de Arellano, F. (2018). Inventario del Arbolado Público Urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, pp. 189.
- Molina, L.F. y Vargas, B. (2007). Árboles para Villavicencio. Especies que fortalecen la Estructura Ecológica Principal. *Revista* núm. 3, vol. 2, año, 2, julio-diciembre 2007, pp. 85 - 98.
- Nowak, D., Dwyer, J. y Childs, G. (1997). Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*, capítulo 2, pp.17 - 38.
- Office of the Deputy Prime Minister (ODPM, 2002). Green spaces, better places, improving urban parks, play areas and green spaces, consultado en: <http://www.urban.odpm.gov.uk/greenspace>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal, núm. 164, ISBN: 978-92-5-306785-5.
- Palomo, P.S. (2003). La planificación verde en las ciudades. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
- Pastor, T., Prieto, A., Alonso, P., Ros, M., Villacañas, S., Maté, C., Echave, C., Insausti, M., Velasco, A. y Marañón, B. (2014). Infraestructuras verdes urbanas y periurbanas en Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA2014). Madrid, 24 al 27 de noviembre de 2014.

- Pawiowicz, J. (2010). Influence of green areas of urban landscape. Technical sciences, vol. 13, pp.113 - 119.
- Penteado, H.M. y Alvarez, C. (2007). Corredores verdes urbanos: estudo da viabilidade de conexão das áreas verdes de Vitória. Laboratório de Planejamento e Projetos, Universidade Federal do Espírito Santo.
- Peña, C. (2016). Metodología para la planificación de áreas verdes urbanas: El caso de Mexicali, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Primer recurso en línea, Selección Anual para el Libro Universitario, ISBN: 978-607-607-361-2.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT). (2010). Presente y futuro de las áreas verdes y del arbolado de la Ciudad de México. Primera edición, ISBN: 978-607-95053-4-9.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT). (2016). Estadísticas generales de las áreas verdes de la Ciudad de México.
- Ramos, C.R. (2019). Medidas dendrométricas básicas y distribución del arbolado en banquetas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental.
- Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible (RDRDLS). (2010). Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.
- Reglamento Ambiental y Sustentabilidad del Municipio de Morelia (2005). Ayuntamiento de Morelia, Michoacán, México.
- Ries, C., Pillmann W., Kellner, K., Stadler. P. (2002). Urban green space management information. Processing and use of remote sensing images and scanner data, consultado en: [www.ipf.tuwien.ac.at/publications/EI\\_P\\_180\\_Ries.pdf](http://www.ipf.tuwien.ac.at/publications/EI_P_180_Ries.pdf).
- Riveros, A., Vásquez, A., Ludeña, B. y Vergara, J. (2015). Infraestructura verde urbana: tipos, funciones y oportunidades para el desarrollo de corredores verdes urbanos en Santiago de Chile, consultado en: <https://www.researchgate.net/publication/303858103>
- Rodríguez, J. y Arriagada, C. (2004). Segregación residencial en la ciudad latinoamericana. Revista Eure, núm. 89, vol. XXIX, pp. 5 - 24, Santiago de Chile.

- Rodríguez, G. (2010). Inventario de parques y jardines en la zona conurbada de la ciudad de San Luis de Potosí, México. Tesis de Licenciatura en Geografía. Instituto de Investigación en Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.
- Rodríguez, V. y Aguilera, F. (2016). ¿Infraestructuras verdes en la planificación territorial española? *Revista Ciudad y Territorio: Estudios territoriales*, ISSN 1133-4762, núm. 189, 2016, pp. 399 - 418.
- Rodríguez, F. (2018). La contracultura vehicular. El caso de la ciudad de Morelia a finales del siglo XX. *Revista Letras Históricas*, ISSN: 2448-8372, núm.18, Primavera-verano 2018, México, pp. 201 - 224.
- Rodríguez, V.M., Aguilera, F. y Gómez, M. (2019). Green infrastructure design using GIS and spatial analysis: a proposal for the Henares Corridor (Madrid-Guadalajara, Spain). *Landscape Research*, consultado en: <https://doi.org/10.1080/01426397.2019.1569221>.
- Rojo, I.A (2006). Condiciones y características de las áreas verdes y su arbolado en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, D.F. Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 64.
- Rutherford, P., Rowan, R. and Pamela, M. (1994). The ecological city: preserving and restoring urban biodiversity. *The University of Massachusetts*, pp. 291.
- Saavedra, L., Alvarado, D., Hernández, P., Martínez, T., Mora, G. y Villa, J. (2016) Condición de Copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Revista Madera y Bosques*, núm. 2, vol. 22, pp. 15 - 27.
- Sacksteder, C.J. y Gerhold, H.D. (1979). A guide to urban tree inventory systems. *Research Paper núm. 43. School of For. Res., Penn. State Univ*, pp. 50.
- Salvador, P. (2003). *La planificación verde en las ciudades*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili.
- Sánchez, H.U. y Urquijo, P.S. (2014). La expansión urbana en el suroriente de Morelia. Una revisión histórico - ambiental, 1885 - 2010. *Urbanización, sociedad y ambiente. Experiencias en ciudades medias*. Centro en Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), ISBN: 978-607-024403-2.
- Santiago, R. (2008). *La naturaleza en la ciudad, perspectivas teóricas y metodológicas de la funcionalidad ambiental del espacio público*. Consejería de Obras Públicas y Transporte, Sevilla, España.

- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP, 1979). Ecoplan Baja California 4ª. Fase-Normas y Políticas de forestación y áreas verdes para Mexicali, Tijuana y Ensenada, México: SAHOP.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2011). Primera etapa del libramiento sur de Morelia, Municipio de Morelia en el Estado de Michoacán de Ocampo. Resumen Ejecutivo.
- Secretaría de Movilidad y Espacio Público (SEMOVEP). (2018). Norma técnica de diseño de calles para el municipio de Morelia. Instituto Municipal de Planeación Morelia y H. Ayuntamiento de Morelia 2018-2021, pp. 218.
- Segura, B.C. (1992). Descripción de la situación de los árboles y arbustos de alineación en las delegaciones Iztacalco e Iztapalapa, D.F, Tesis profesional, ENEP Zaragoza, UNAM, México, pp.80.
- Sinemillioglu, M., Akin, C., Karacay, N. (2010). Relationship between green areas and urban conservation in historical areas and its reflections: case of Diyarbakir city, Turkey. *European planning studies*, núm. 5, vol. 18, pp. 775 - 789.
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K. y Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas. Documento de buenas prácticas, Washington, D.C.
- Suárez, A., Camarena, P., Herrera, I. y Lot, Antonio (2011). Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, México, ISBN: 978-607-02-2879-7.
- Tecnigral S.L. (2015). Estudio de estado y riesgo del arbolado de la calle José Ortega y Gasset, Madrid. Valoriza Servicios Medioambientales.
- Torré, A. (2012). Nature et strategies pour la ville: les nouveaux désirs des citoyens s'imposent. *Déméter 2013, Economie et strategies agricoles*, pp. 85 - 258.
- Torres, M., Paz, K. y Salazar, F.G. (2006). Tamaño de muestra para una investigación de mercado. *Boletín Electrónico* núm. 02, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landiver.
- Tovar, G. (2016). Propuesta de plan para la gestión de la infraestructura verde urbana de Bogotá Distrito Capital. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

- Tzoni, M.C. y Díaz, E. (2015). Áreas Verdes Urbanas: Una Alternativa para Mitigar la Isla de Calor en la Ciudad de Puebla. Tesis de Maestría en Urbanismo, Universidad Nacional Autónoma de México.
- United Nations Organization (ONU). (1999). Division for Sustainable Development. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, Nueva York.
- USDA Forest Service. (1999). A Technical Guide to Urban and Community Forestry, 50 State Urban Forestry Coordinators, consultado en: <http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/uf/techguide/urban.html>.
- Valdéz, C.V. (1995). Situación del arbolado urbano de las delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc D.F. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 125.
- Valencia, N. (2016). Así será la segunda fase de del Corredor Verde de Cali en Colombia, consultado en: <https://www.archdaily.mx/mx/780028/asi-sera-la-segunda-fase-del-corredor-verde-de-cali-en-colombia>.
- Van de Voorde, T. (2016). Spatially explicit urban green indicators for characterizing vegetation cover and public green space proximity: a case study on Brussels, Belgium. International Journal of Digital Earth, vol. 10, issue 8, pp. 798 - 813.
- Varese, G. y Bertelli, U. (2001). Development of urban green spaces to improve the quality of life in cities and urban regions EVK4-CT-2000-00022. Planning Criteria.
- Vargas, G. (2008). Urbanización y configuración territorial en la región de Valladolid - Morelia, 1541 - 1991. Morevallado Editores. Secretaría de Cultura de Michoacán, Morelia.
- Vargas, B. y Molina, L.F. (2010). Cinco árboles urbanos que causan daños severos en las ciudades. Revista Nodo, núm. 9, vol. 5, año 5, julio - diciembre, pp. 115-126.
- Vázquez, R. (2015). Análisis y caracterización de zonas preferenciales en Guadalajara. Estudio exploratorio de la conectividad entre áreas verdes y arbolado. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Repositorio Institucional del ITESO, consultado en: <http://hdl.handle.net/11117/3875>.
- Velázquez, A., Medina, C. y Durán, E. (2012). Sistema estandarizado para la clasificación de la cubierta vegetal de México. Capítulo III de la propuesta del Sistema Jerárquico Estandarizado para la Clasificación de la Vegetación de México.

- Villadermos, A. (2018). Censo de arbolado de alineación, 2005. Perspectivas sobre el componente natural en el espacio urbano. A & P Investigaciones Año 1. Número 1. Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, Universidad Nacional de Rosario.
- Villalón, R. (1992). Situación del arbolado urbano de alineación en la delegación política Venustiano Carranza de la Ciudad de México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 107.
- Yoon, E. J., Kim, B. y Lee, D.K. (2019). Multi-objective Planning model for urban greening based on optimization algorithms. Journal Urban Forestry & Urban Greening. ELSEVIER, núm. 40, pp. 183 - 194.
- Zhang, Z., Meerow, S., Newell, J.P. and Lindquist, M. (2019). Enhancing landscape connectivity through multifunctional green infrastructure corridor modeling and design. Journal Urban Forestry & Urban Greening. ELSEVIER, núm. 38, pp. 305 - 317.

## Anexos

### Anexo 1. Tipologías para áreas verdes lineales a partir de su configuración vial

Tipologías para espacio lineal	Características
1	Presencia de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y banquetas derecha e izquierda.
2	Presencia de camellón central, camellón lateral derecho, banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón lateral izquierdo.
3	Presencia de camellones laterales derecho e izquierdo, banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón central.
4	Presencia de camellón central, camellón lateral izquierdo, banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón lateral derecho.
5	Presencia de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de banqueta derecha.
6	Presencia de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta derecha y ausencia de banqueta izquierda.
7	Presencia de camellón central, camellón lateral izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de camellón lateral derecho y banqueta derecha.
8	Presencia de camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de camellón central y banqueta derecha.
9	Presencia de banquetas derecha e izquierda, camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón central y camellón lateral derecho.
10	Presencia de camellón central, banqueta izquierda, camellón lateral derecho y ausencia de camellón lateral izquierdo y banqueta derecha.
11	Presencia de camellón central, banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo.
12	Presencia de banquetas derecha e izquierda, camellón lateral derecho y ausencia de camellón central y camellón lateral izquierdo.
13	Presencia de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y ausencia de banquetas derecha e izquierda.
14	Presencia de camellón central, camellón lateral izquierdo, banqueta derecha y ausencia de camellón lateral derecho y banqueta izquierda.
15	Presencia de camellón central, camellón lateral derecho, banqueta derecha y ausencia de camellón lateral izquierdo y banqueta izquierda.
16	Presencia de camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta derecha y ausencia de camellón central y banqueta izquierda.



17	Presencia de camellón lateral izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de camellón central, camellón lateral derecho y banqueta derecha.
18	Presencia de camellón central, banqueta izquierda y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta derecha.
19	Presencia de camellón lateral derecho, banqueta izquierda y ausencia de camellón central, camellón lateral izquierdo y banqueta derecha.
20	Presencia de banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón central y camellones laterales derecho e izquierdo.
21	Presencia de camellón lateral derecho, banqueta derecha y ausencia de camellón central, camellón lateral izquierdo y banqueta izquierda.
22	Presencia de camellón central, banqueta derecha y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta izquierda.
23	Presencia de banqueta derecha, camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón central, camellón lateral derecho y banqueta izquierda.
24	Presencia de camellón central, camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón lateral derecho y banquetas derecha e izquierda.
25	Presencia de camellones laterales derecho e izquierdo y ausencia de camellón central y banquetas derecha e izquierda.
26	Presencia de camellón central, camellón lateral derecho y ausencia de camellón lateral izquierdo y banquetas derecha e izquierda.
27	Presencia de banqueta izquierda y ausencia camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta derecha.
28	Presencia de camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón central, banquetas derecha e izquierda y camellón lateral derecho.
29	Presencia de camellón central y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo y banquetas derecha e izquierda.
30	Presencia de camellón lateral derecho y ausencia de camellón central, banquetas derecha e izquierda y camellón lateral izquierdo.
31	Presencia de banqueta derecha y ausencia camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta izquierda.
32	Presencia en doble piso de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y banquetas derecha e izquierda.
33	Presencia en doble piso de camellón central, camellón lateral derecho, banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón lateral izquierdo.

34	Presencia en doble piso de camellones laterales derecho e izquierdo, banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón central.
35	Presencia en doble piso de camellón central, camellón lateral izquierdo, banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón lateral derecho.
36	Presencia en doble piso de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de banqueta derecha.
37	Presencia en doble piso de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta derecha y ausencia de banqueta izquierda.
38	Presencia en doble piso de camellón central, camellón lateral izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de camellón lateral derecho y banqueta derecha.
39	Presencia en doble piso de camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de camellón central y banqueta derecha.
40	Presencia en doble piso de banquetas derecha e izquierda, camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón central y camellón lateral derecho.
41	Presencia en doble piso de camellón central, banqueta izquierda, camellón lateral derecho y ausencia de camellón lateral izquierdo y banqueta derecha.
42	Presencia en doble piso de camellón central, banqueta derecha e izquierda y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo.
43	Presencia en doble piso de banquetas derecha e izquierda, camellón lateral derecho y ausencia de camellón central y camellón lateral izquierdo.
44	Presencia en doble piso de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y ausencia de banquetas derecha e izquierda.
45	Presencia en doble piso de camellón central, camellón lateral izquierdo, banqueta derecha y ausencia de camellón lateral derecho y banqueta izquierda.
46	Presencia en doble piso de camellón central, camellón lateral derecho, banqueta derecha y ausencia de camellón lateral izquierdo y banqueta izquierda.

47	Presencia en doble piso de camellones laterales derecho e izquierdo, banqueta derecha y ausencia de camellón central y banqueta izquierda.
48	Presencia en doble piso de camellón lateral izquierdo, banqueta izquierda y ausencia de camellón central, camellón lateral derecho y banqueta derecha.
49	Presencia en doble piso de camellón central, banqueta izquierda y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta derecha.
50	Presencia en doble piso de camellón lateral derecho, banqueta izquierda y ausencia de camellón central, camellón lateral izquierdo y banqueta derecha.
51	Presencia en doble piso de banquetas derecha e izquierda y ausencia de camellón central y camellones laterales derecho e izquierdo.
52	Presencia en doble piso de camellón lateral derecho, banqueta derecha y ausencia de camellón central, camellón lateral izquierdo y banqueta izquierda.
53	Presencia en doble piso de camellón central, banqueta derecha y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta izquierda.
54	Presencia en doble piso de banqueta derecha, camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón central, camellón lateral derecho y banqueta izquierda.
55	Presencia en doble piso de camellón central, camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón lateral derecho y banquetas derecha e izquierda
56	Presencia en doble piso de camellones laterales derecho e izquierdo y ausencia de camellón central y banquetas derecha e izquierda.
57	Presencia en doble piso de camellón central, camellón lateral derecho y ausencia de camellón lateral izquierdo y banquetas derecha e izquierda.
58	Presencia en doble piso de banqueta izquierda y ausencia de camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta derecha.
59	Presencia en doble piso de camellón lateral izquierdo y ausencia de camellón central, banqueta derecha e izquierda y camellón lateral derecho.

60	Presencia en doble piso de camellón central y ausencia de camellones laterales derecho e izquierdo y banquetas derecha e izquierda.
61	Presencia en doble piso de camellón lateral derecho y ausencia de camellón central, banquetas derecha e izquierda y camellón lateral izquierdo.
62	Presencia en doble piso de banqueta derecha y ausencia camellón central, camellones laterales derecho e izquierdo y banqueta izquierda.
63	Presencia de enlace.
64	Presencia de glorieta.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Distribución de los Árboles en el Periférico Paseo de la República



Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3. Distribución de Mixtos en el Periférico Paseo de la República



Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 4. Distribución de Arbustos en el Periférico Paseo de la República



Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 5. Especies encontradas en el periférico Paseo de la República

Nombre científico	Nombre común	Origen	Número de especies	Porcentaje (%)
<i>Acer negundo</i>	Arce	Nativa	101	1.42%
<i>Agave americana</i>	Maguey	Nativa	61	0.86%
<i>Bahuinia divaricata</i>	Pata de cabra	Introducida	90	1.27%
<i>Borrelia latifolia</i>	NA	Nativa	11	0.15%
<i>Bougainvillea glabra</i>	Bugambilia	Introducida	164	2.31%
<i>Bougainvillea spectabilis</i>	Bugambilia	Introducida	429	6.03%
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino australiano	Introducida	738	10.38%
<i>Ceratozamia mexicana</i>	Palma imperial	Nativa	7	0.10%
<i>Citrus sinensis</i>	Naranjero	Introducida	4	0.06%
<i>Cnidocolus chayamansa</i>	Chaya	Nativa	1	0.01%
<i>Cupressus arizonica</i>	Ciprés de arizona	Introducida	25	0.35%
<i>Delonix regia</i>	Framboyán	Introducida	1	0.01%
<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero japones	Introducida	1	0.01%
<i>Erythrina coralloides</i>	Colorin	Nativa	1	0.01%
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto rojo	Introducida	711	10.00%
<i>Euphorbia characias</i>	Euforbio mediterráneo	Introducida	1	0.01%
<i>Euphorbia cotinifolia</i>	Lechero rojo	Introducida	5	0.07%
<i>Ficus benjamina</i>	Árbol benjamin	Introducida	1744	24.53%
<i>Ficus benjamina agrida</i>	Amate	Introducida	5	0.07%
<i>Ficus elástica</i>	Árbol del caucho	Introducida	2	0.03%
<i>Ficus retusa</i>	Laurel de la india	Introducida	26	0.37%
<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	Nativa	347	4.88%
<i>Grevillea banksii</i>	Grevillea de flor roja	Introducida	1	0.01%
<i>Grevillea robusta</i>	Roble australiano	Introducida	97	1.36%
<i>Ipomoea murocoides</i>	Cazahuate	Nativa	20	0.28%
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	Introducida	1471	20.69%
<i>Juniperus virginiana</i>	Cedro rojo	Introducida	2	0.03%

<i>Laburnum anagyroides</i>	Lluvia de oro	Introducida	13	0.18%
<i>Ligustrum japonicum</i>	Trueno	Introducida	49	0.69%
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	Nativa	33	0.46%
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Amapolita	Nativa	5	0.07%
<i>Manihot caudata</i>	Pata de gallo	Nativa	4	0.06%
<i>Melia azederech</i>	Paraiso	Introducida	36	0.51%
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	NA	Nativa	4	0.06%
<i>Nerium oleander</i>	Laurel de la china	Introducida	5	0.07%
<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero	Nativa	14	0.20%
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamuchil	Nativa	21	0.30%
<i>Populus tremoloide</i>	Alamo	Introducida	329	4.63%
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Nativa	2	0.03%
<i>Prunus capuli</i>	Capulin	Nativa	15	0.21%
<i>Psidium guajava</i>	El guayabo	Nativa	5	0.07%
<i>Salix bonplandiana</i>	Sauce	Nativa	27	0.38%
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pirul chino	Introducida	2	0.03%
<i>Schinus molle</i>	Pirul	Introducida	34	0.48%
<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipan africano	Introducida	129	1.81%
<i>Sterculia apetala</i>	Árbol de bellote	Nativa	3	0.04%
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Palmera reina	Introducida	60	0.84%
<i>Thuja occidentalis</i>	Tuya occidental	Introducida	36	0.51%
<i>Washingtonia robusta</i>	Palmera de abanico mexicana	Nativa	193	2.71%
<i>Yucca elephantipes</i>	Yucca pie de elefante	Nativa	25	0.35%

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 6. Muestras tomadas en campo de especies en el Periférico







*Liquidambar styraciflua*



*Fraxinus uhdei*



*Nerium oleander*



*Manihot caudata*



*Sterculia apetala*



*Schinus molle*



*Erythrina coralloides*



*Laburnum anagyroides*



*Grevillea robusta*



*Borrelia latifolia*



*Casuarina equisetifolia*



*Bauhinia divaricata*



*Cupressus arizonica*



*Mimosa aculeaticarpa*



*Cnidoscopus chayamansa*



*Prosopis laevigata*



*Ficus elástica*



*Schinus terebinthifolius*

Fuente: Elaboración propia.