

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE LOS CAMELLONES MEDIANTE LOS
CRITERIOS TÉCNICOS URBANO-AMBIENTALES DE LA
CIUDAD DE COLIMA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y GESTIÓN URBANA.

PRESENTA:

ARQ. ELÍAS EDUARDO GAYTÁN DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. ARQ. DORA ANGÉLICA CORREA FUENTES

CO-DIRECTOR DE TESIS:

DR. ARQ. LUIS AARÓN GARCÍA SOLORZANO

REVISORES:

M.A.N. ARQ. MARÍA DEL PILAR RAMÍREZ RIVERA

MTRO. ARQ. J. JESÚS SOLÍS ENRÍQUEZ

VILLA DE ÁLVAREZ, COL., A AGOSTO DE 2022





**GAYTÁN DÍAZ ELÍAS EDUARDO
PASANTE DE LA MAestrÍA EN ARQUITECTURA
SOSTENIBLE Y GESTIÓN URBANA
PRESENTE**

La División de Estudios de Posgrado e Investigación de acuerdo al procedimiento para la obtención del Título de Maestría de los Institutos Tecnológicos y habiendo cumplido todas las indicaciones que la comisión revisora hizo a su trabajo profesional:

"EVALUACIÓN DE LOS CAMELLONES MEDIANTE LOS CRITERIOS TÉCNICOS URBANO-AMBIENTALES DE LA CIUDAD DE COLIMA"

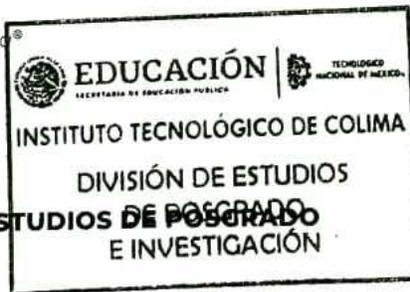
Por la opción de tesis, que para obtener el grado de **MAESTRO EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y GESTIÓN URBANA** será presentado por Usted, tiene a bien concederle la **AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN** de la tesis citada.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial y afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®


**PETER CHUNG ALONSO
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN**



Ccp. Archivo

PCA/cas*



Av. Tecnológico #1, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, Tel. 312 3129920 Ext: 113 y 213
Correo electrónico: posgrado@colima.tecnm.mx www.colima.tecnm.mx



2022 Flores
Año de Magón
PRECIADO DE LA SI POLICIA MEXICANA

PRÓLOGO

La Tesis de fin de grado de Maestría que se presenta a continuación se titula “Evaluación de los Camellones Mediante los Criterios Técnicos Urbano-Ambientales de la Ciudad de Colima” esta investigación se ha escrito como parte del requisito para la obtención del grado de Maestro en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana del Tecnológico Nacional de México, campus Colima.

El proyecto se realizó a petición del Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO), lugar donde se realizó la estancia de tesis en el periodo de enero de 2021 a julio de 2022. Toda la metodología de la investigación contó con el apoyo de la Dra. Dora Angélica Correa Fuentes, y el Dr. Arq. Luis Aarón García Solorzano.

El proceso de este estudio es muy enriquecedor en el desarrollo de cada parte de su composición. Con él, es posible validar la hipótesis y responder las preguntas que sustentan esta investigación. El trabajo que presento consta principalmente de tres partes vitales: la primera parte presenta el proceso de investigación, la segunda parte analiza la literatura existente sobre el tema de la investigación; en la tercera parte acceso a los métodos, resultados y discusiones de la investigación; y finalmente se realiza las conclusiones que se obtuvieron.

Estoy seguro de que los temas tratados dentro de esta investigación generaran el interés de las autoridades correspondientes en la mejora de la divulgación de los criterios urbano-ambientales aplicados a los camellones de la ciudad de Colima, dicho lo anterior, esta investigación es la base de donde podrán apoyarse en las siguientes modificaciones de los reglamentos y planes los cuales podrán dirigir la gestión adecuada de la infraestructura de los camellones y arbolado.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi directora de tesis, la Dra. Arq. Dora Angélica Correa Fuentes y a mi co-director, el Dr. Arq. Luis Aarón García Solorzano, así como mi comité de titulación quienes con sus conocimientos y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a todos mis profesores por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido alcanzar estos resultados de no haber sido por sus enseñanzas. De la misma manera, agradecer al equipo de trabajo conformado por 7 alumnos de la licenciatura en arquitectura del Instituto Tecnológico de Colima, que sin ellos no hubiese obtenido la información de campo.

Al igual, agradezco al Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO) en especial al Biól. Ángel Eduardo Galeana Pérez, quien me estuvo asesorando y brindando información importante del arbolado urbano de la ciudad de Colima.

Por último, quiero agradecer a toda mi familia y compañeros, por apoyarme aun cuando decaían mis ánimos. En especial, quiero hacer mención de mi esposa, que siempre estuvo ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Muchas gracias a todos.

LISTADO DE ABREVIATURAS

ArcGIS	Sistemas de Información Geográfica
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
DAP	Diámetro a la Altura del Pecho
IPCO	Instituto de Planeación para el Municipio de Colima
IV	Valores de Importancia
ID	Identificación
IMIP	Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana Cajeme
LGAH	Ley General de Asentamientos Humanos
MASGU	Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana
NL	No hay líneas
NAU	Nueva Agenda Urbana
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PMAU	Plan de Manejo del Arbolado Urbano de la Ciudad de Colima
PNPC	Presentes y sin conflicto potencial
PC	Presentes y en conflicto
SNIB	Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
TecNM	Tecnológico Nacional de México

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recuperado de Benavides, Martínez y Hernández (2002). Características de los tamaños de cepa definidos para llevar a cabo el muestreo en el arbolado de alineación en la Delegación Coyoacán.....	30
Tabla 2 Elaboración propia (2021) Tabla donde se expone/ordena/muestra la ubicación de los camellones y la existencia de arbolado.	45
Tabla 3 Recuperado del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Especies más productoras de oxígeno.	65
Tabla 4 Recuperado del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Especies que proporcionan mayor área foliar en los camellones de la muestra de estudio.	67
Tabla 5 Elaboración propia (2022) lista de especies propuesta para los camellones de la ciudad de Colima.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recuperado de IMIP (2018). Ficha técnica de arbolado de Cajeme.	32
Figura 2 Recuperado de Reza (2019). Instrumentos en materia de ordenamiento territorial.	36
Figura 3 Recuperado IPCO (2021) Zonas que conforman a la ciudad de Colima.....	42
Figura 4 Recuperado IPCO (2021) Camellones que se encuentran dentro de la ciudad de Colima.....	43
Figura 5 Recuperado IPCO (2021) Datos sobre camellones de la ciudad de Colima.	43
Figura 6 Elaboración propia (2021) Formula estadística para determinar el número de camellones a estudiar.	44
Figura 7 Recuperado de Échalo a la suerte (2021) Selección aleatoria de 100 camellones....	44
Figura 8 Elaboración propia (2022) Determinación de variables.....	45
Figura 9 Elaboración propia (2021) Identificación de camellones.....	46
Figura 10 Elaboración propia (2021) Instrumento para ubicar el arbolado, daños e infraestructura encontrada dentro del camellón.	47
Figura 11 Recuperado de Alvarado (2012) Indicadores para la evaluación de un árbol.	48
Figura 12 Recuperado de Alvarado (2012) Indicadores para definir la altura de la copa viva.	48
Figura 13 Elaboración propia (2022) Indicadores para definir la luz de sol que recibe la copa.	49
Figura 14 Elaboración propia con información recuperada de i-Tree Eco (2021) Descripción del estado del árbol respecto a porcentaje.	50
Figura 15 Elaboración propia con información recuperada de i-Tree Eco (2021) Instrumento para recabar información específica del arbolado como ente individual.	52
Figura 16 Elaboración propia (2021) Muestra de la posición del número en el árbol.	54
Figura 17 Elaboración propia (2021) Ejemplo de fotografía para la identificación de especie.	55
Figura 18 Recuperado en Inaturalist (2021) Pasos para identificar especies en Inaturalist....	55
Figura 19 Recuperado en enciclovida (2021) Diagrama de información enciclovida.....	56
Figura 20 Elaboración propia (2021) Instrumento digital para recabar la información levantada en campo.....	57
Figura 21 Elaboración propia (2021) Base de datos con información de los dos instrumentos.	57
Figura 22 Recuperado de i-Tree Eco (2021) Lista de especies con código.	58
Figura 23 Elaboración propia a partir de i-Tree Eco (2021) Diagrama metodológico para uso del i-Tree Eco.....	58

Figura 24 Elaboración propia (2022). Diferentes interferencias del arbolado con la infraestructura de los camellones.....	67
Figura 25 Elaboración propia (2022) Mapa del crecimiento de la ciudad de Colima desde el año 1985 al 2022.	70
Figura 26 Recuperado del Manual de Elementos Urbanos Sustentables (2017). Ejemplo de técnicas utilizadas en el manual.....	74

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Elaboración propia a partir del mapa de las zonas de la ciudad de Colima realizado por IPCO (2022) Área que ocupa cada zona en la ciudad de Colima.	59
Gráfica 2 Elaboración propia (2022) Área de la muestra de estudio por zona.	60
Gráfica 3 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Procedencia de las especies arbóreas encontradas en los camellones de la muestra de estudio.....	60
Gráfica 4 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Porcentaje de arbolado encontrado en los camellones de la muestra.	61
Gráfica 5 Elaboración propia (2022) Procedencia de especies por zona.	61
Gráfica 6 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Número de árboles/ha.	62
Gráfica 7 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Área foliar (ha).	63
Gráfica 8 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Secuestro de carbono por especie.....	63
Gráfica 9 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Almacenamiento de carbono por especie.....	64
Gráfica 10 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Escurrimiento evitado por especie.....	65
Gráfica 11 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Valor de sustitución por especie.	66
Gráfica 12 Elaboración propia (2022) porcentaje del tamaño de especie encontrada en los camellones de la muestra de estudio.	68
Gráfica 13 Elaboración propia (2022) Tamaño de especie por zona.	68
Gráfica 14 Elaboración propia (2022) Posición del arbolado dentro del camellón.	69
Gráfica 15 Elaboración propia (2022) Posición de arbolado por zona.	69
Gráfica 16 Elaboración propia (2022) Arbolado con interferencias en guarnición.	71
Gráfica 17 Elaboración propia (2022) Camellones con interferencias en guarnición.	71
Gráfica 18 Elaboración propia (2022) Arbolado con interferencias en líneas aéreas.....	72
Gráfica 19 Elaboración propia (2022) Camellones con interferencias en líneas aéreas.....	72
Gráfica 20 Elaboración propia (2022) Camellones con interferencias en luminarias.....	73

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	13
1. GENERALIDADES	14
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Justificación	16
1.3 Pregunta de investigación	19
1.3.1 General.....	19
1.3.2 Específicas.....	19
1.4 Hipótesis	19
1.5 Objetivos:	20
1.5.1. General.....	20
1.5.2 Específicos	20
1.6 Descripción del proceso metodológico:	20
1.7 Alcances y limitaciones:	22
1.7.1 Alcances.....	22
1.7.2 Limitaciones	22
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Marco Conceptual	27
2.2. Marco Referencial	28
2.3 Marco Normativo	33
3. METODOLOGÍA APLICADA	41
3.1 Enfoque y tipo de estudio	41
3.1.1 Enfoque.....	41
3.1.2 Tipo de estudio.....	41
3.2 Área del estudio	42
3.3 Población y muestra	42
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
3.5.1 Técnicas de recolección de datos en campo	53
3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	56
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	59
5. CONCLUSIÓN	76
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

7. ANEXOS 83

Anexo 1 Elaboración propia (2022) Listado de especies encontradas en el área de estudio. .. 86

Anexo 2 Recuperado de Reglamento de Parques y Jardines para el municipio de Colima (2016)
Listado de especies recomendadas para reforestar parques, jardines y arbolado de alineación. 87

Anexo 3 Recuperado de PMAU (2021) Pasos para plantar un árbol. 89

Anexo 4 Elaboración propia con información del PMAU (2021) Criterios para la selección del
arbolado. 90

Anexo 5 Elaboración propia (2022) Tabla de criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental
de los camellones de la ciudad de Colima..... 93

Anexo 6 Elaboración propia (2022) Criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental de los
camellones de la ciudad de Colima. 94

Anexo 7 Elaboración propia (2022) Criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental de los
camellones de la ciudad de Colima. 94

Anexo 8 Elaboración propia (2022) Criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental de los
camellones de la ciudad de Colima. 95

RESUMEN

La ciudad de Colima se caracteriza por su abundante vegetación, sin embargo, los daños a la infraestructura urbana debido a la incorrecta gestión de la misma es una característica frecuente en sus avenidas, principalmente en los camellones (franja divisoria de las vialidades). Los resultados proyectan los efectos causados por la falta de control del arbolado en los camellones, identificando las principales causas de los daños en la infraestructura y su impacto en el entorno. La correcta elección de especies arbóreas, el tipo de suelo y el espacio adecuado para el establecimiento y pleno crecimiento de árboles, son factores importantes que no se contemplan.

Por lo tanto, el objetivo de la investigación se centra en identificar las causas del problema urbano-ambiental dentro de los camellones de la ciudad de Colima en base a lo que dictan los reglamentos y planes de la ciudad de Colima.

Además, se integran las actividades basadas en la metodología, con las cuales se obtuvieron datos importantes para conocer el estado actual de los camellones y su arbolado en las diferentes zonas de la ciudad de Colima, identificando cuales zonas son las más afectadas y cuáles son las necesidades de intervención, demostrando el diagnóstico y análisis de las problemáticas urbano-ambiental de los camellones y los beneficios del arbolado en la estructura urbana por medio de la herramienta i-Tree Eco, el cual emplea los datos dendrométricos obtenidos en el inventario y la evaluación del estado del arbolado, así como la información de los contaminantes y clima; para estimar la estructura de la población del bosque urbano y los servicios ecosistémicos que provee, con la finalidad de generando interés a las instituciones gubernamentales correspondientes en las futuras modificaciones y homologaciones de los criterios técnicos de los reglamentos y planes en tema urbano-ambiental, de los camellones de la ciudad de Colima.

1. GENERALIDADES

En este capítulo se presentará una introducción a la tesis. Durante el desarrollo se expondrá el contexto, alcances, limitaciones, objetivos y estructura de la presente investigación, mostrando la descripción del marco en el que se desarrolla el propósito de la tesis.

1.1 Planteamiento del problema

Según las Naciones Unidas (2018) “el acelerado proceso de urbanización que observamos a nivel global prevé que para el año 2050 unos 6,000 millones de personas, o el equivalente al 70 % de la población mundial, vivirán en ciudades” (párr. 1). Al haber un crecimiento poblacional, crece el número vehicular, que paradójicamente se ha destinado sin fin de recursos para la infraestructura vehicular, que en vez de favorecer afecta económica, social y ambientalmente. Por lo que, las ciudades seguirán creciendo, disminuyendo los bosques y áreas naturales aledañas, creando un impacto negativo al ecosistema.

En México, las ciudades han presentado un reto en la planeación y aplicación del diseño urbano ambiental en los últimos años, esto a partir del deseo de lograr una armonización entre el entorno natural y las ciudades. Tales desafíos los podemos percibir desde diferentes puntos dentro de los asentamientos humanos, como sucede con la infraestructura vial que se establecen en parte de los bosques urbanos, los cuales proveen invaluable servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano, la conservación de la biodiversidad, así como la mitigación y adaptación al cambio climático, por lo tanto, la incorrecta gestión y manejo del arbolado urbano afecta negativamente a la conservación del bosque urbano.

Por lo tanto, la mayoría de las ciudades mexicanas se caracterizan mayormente por la escasa cantidad de áreas verdes dentro de su estructura urbana. Retomando lo anterior;

La Organización Mundial de la Salud contempla como áreas verdes los parques públicos, de los que debe haber nueve metros cuadrados por habitante. En México se contabilizan no sólo estos parques, sino también los camellones, glorietas, canchas de fútbol y hasta las huellas del estacionamiento de la casa habitación. Aun así, el déficit de áreas verdes por habitante es alto (Díaz & Curiel, 2012, pp. 38 y 39).

Afortunadamente la ciudad de Colima es conocida por ser una ciudad verde, cuenta con una diversa y amplia cobertura arbórea en áreas públicas y privadas, pero llena de retos para el manejo del bosque urbano a través de una gestión vinculada entre las entidades públicas y con la comunidad en general.

Colima es la ciudad con antecedentes de planeación más antiguos en el Estado de Colima. La presencia de “Planos Reguladores” y varias leyes de aplicación directa, como fueron la “Ley de Cooperación, Planeación, Comunicaciones y Obras Públicas del Estado de Colima”, de 1940; la “Ley de Planeación de la Ciudad de Colima”, de 1950; la “Ley para el funcionamiento urbano de las cabeceras municipales de Colima, contribuyeron a conformar la traza, según ideas preconcebidas. No fue sino hasta la expedición de la “Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Colima, en 1976, que se establece el marco teórico y jurídico necesario para soportar instrumentos de planeación más complejos” (IPCO, 2021, p. 6).

La ciudad de Colima tiene antecedentes de planeación con anterioridad a los del resto del Estado, sin embargo, se planificó sin considerar el bosque urbano llevando estos dos términos a la heterogeneidad dificultando las acciones del presente.

Es por eso que una correcta gestión es importante para integrar estrategias que contribuyan al desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes. Cuanto más se planifiquen las formas del medio físico transformado en el medio natural y menor sea el impacto sobre éste, se contribuye a la calidad del asentamiento humano y la sostenibilidad de su desarrollo.

El problema mencionado se presenta en diferentes vialidades que cuentan con camellón en la ciudad de Colima, principalmente en las vialidades más transitadas, tal es el caso de la Av. San Fernando, donde el censo de las especies arbóreas del camellón permite conocer la principal causa de la problemática, donde se concluye que la correcta elección de especies arbóreas, el tipo de suelo y el espacio adecuado para el establecimiento y pleno crecimiento de árboles, son factores importantes a considerar para reducir los problemas urbano-ambientales en las ciudades.

Los camellones se encuentran rodeados de elementos que no son naturales, como el pavimento del arroyo vehicular y edificios afectando el suelo natural, provocando un desarrollo forzado para la vegetación, causando el cambio en la conformación de un suelo natural debido a factores

físicos, principalmente mecánicos o compactación, esto ocurre cuando los conglomerados del suelo son comprimidos, causando la disminución de los poros que contienen agua o aire.

Otro factor importante es el riesgo que presenta la ciudad de Colima en temporada de lluvias debido a la caída de árboles, cuyas raíces han crecido superficialmente, siendo más susceptibles a derrumbarse por el viento, poniendo en peligro a los que transitan por las avenidas, y obstaculiza el paso a todos los vehículos que circulan por la vialidad.

Es por eso que la finalidad de la presente investigación es identificar las consecuencias que genera la falta de planificación y generar el interés de las autoridades correspondientes en realizar una correcta gestión de los camellones y arbolado de la ciudad de Colima.

1.2 Justificación

En una ciudad los camellones son elementos importantes que conforman la estructura urbana, debido a que controlan y proporcionan seguridad al flujo vehicular, protegen al peatón alejándose de los vehículos y a su vez acorta la trayectoria de una acera a otra ampliando el área de resguardo, es por eso que el paso peatonal sobre el camellón debe estar en óptimas condiciones para no afectar la movilidad peatonal y vehicular.

Así también, la ciudad contempla como áreas verdes a los camellones, glorietas y remanentes que fungen como complemento de la infraestructura vial y como espacios de comunicación que, sin embargo, por sus dimensiones permiten el desarrollo de muy pocas actividades. Dichos espacios suman 781 tramos de camellón, cabe mencionar que un tramo de camellón se delimita por la guarnición, cuando este es interrumpido por un cruce vehicular o un cambio de nivel que interrumpe la continuidad de la guarnición termina el tramo. Los tramos de camellón son corredores biológicos que conectan las áreas verdes públicas de la ciudad, contribuyendo a la formación del bosque urbano y proporcionando servicios ambientales.

Por lo tanto, una parte considerable del bosque urbano de la ciudad es proporcionado por los camellones, según el PMAU (2021) siendo el 29% del área total del bosque urbano con 53 hectáreas y el 71% lo cubre el resto de espacios verdes de la ciudad con 130 hectáreas. Es por eso que se debe tomar en cuenta la gestión del arbolado y la construcción de los camellón a la hora de desarrollar el diseño de la estructura urbana, por lo que requiere de una serie de acciones y estrategias que deben realizarse entre gobierno y sociedad, debido a que, no solo se debe proteger la seguridad peatonal y vehicular sino también la de los árboles de la ciudad, puesto

que, están sujetos a presiones que no se presentan en los ecosistemas naturales y que ponen en riesgo su salud y desarrollo, por lo tanto surge la necesidad de planificar la estructura de los camellones y bosque urbano.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), en cada ciudad debe haber por lo menos entre 9 y 12 m² de áreas verdes por habitante. En el caso de Colima, según el PMAU (2021) “para el 2020 la ciudad cuenta con 11.5 m² de área verde por habitante en los espacios públicos” (p. 25). Considerando que el arbolado es un elemento de suma importancia en las ciudades, pues, más allá de brindar sombra, mitigan los efectos negativos de la ciudad, además que hacen que las ciudades sean más sostenibles. “Cabe mencionar que, a lo largo de su ciclo de vida, los árboles urbanos proporcionan beneficios que valen hasta tres veces más que la inversión requerida para plantarlos y cuidarlos” (Hernández, 2019, p. 4).

Otro de los beneficios que proporciona, es el enfriamiento, esto está relacionado con las hojas verdes de los árboles, debido a que tienen la capacidad de reflejar la luz del sol (albedo) a diferencia del asfalto, además del beneficio de su sombra.

Si sumamos a lo anterior la evapotranspiración, que es el intercambio de agua del suelo a la planta y luego al aire, se obtiene una humidificación del ambiente, y por ende contribuye a disminuir la temperatura. “Algunos estudios mencionan que los bosques urbanos tienen la capacidad de disminuir la temperatura entre 2 y 4 °C en promedio”. (Díaz & Curiel, 2012, p. 39).

Por lo tanto, las personas que habitan en la periferia de un parque o zona arbolada son menos vulnerables ante los aumentos de temperatura. Existe un límite de temperatura, el cual si se rebasa llega a la “temperatura umbral que afecta la salud de los pobladores, principalmente niños, que es de 32 °C. El bosque urbano regula la temperatura y evita que se rebase este límite umbral”. (Díaz & Curiel, 2012, p. 40).

Igualmente, el bosque urbano es la mejor opción para mitigar las inundaciones por naturaleza, es la capa protectora más eficiente para suavizar la cantidad de agua de lluvia y su energía cinética, disminuyendo así su velocidad de contacto con el suelo. Según Díaz & Curiel (2012) “Esto permite al suelo absorber mejor el agua de lluvia, lo que da por resultado una disminución drástica en el escurrimiento y por lo tanto en las inundaciones aguas abajo”. (p. 40). Por consiguiente, un bosque ayuda a disminuir los efectos de inundación en asentamientos urbanos

circundantes. Además, invertir en parques y bosques urbanos para reducir inundaciones, es más económico a largo plazo, e implica una visión de sustentabilidad, en comparación de las inversiones hacia infraestructura de drenaje.

Otro factor importante es la captura de dióxido de carbono y la liberación de oxígeno, debido a que es un servicio ambiental de suma importancia a nivel global que ofrecen los bosques urbanos. De acuerdo con Diaz & Curiel (2012) “algunos estudios marcan que un árbol tiene la capacidad de remover hasta 1.4 kg de contaminantes por hora” (p. 40). Así que dentro de una ciudad es de suma importancia la gestión y regulación del manejo del arbolado para mantener en óptimas condiciones su desarrollo y a su vez que crezca el bosque urbano de forma sustentable para evitar daños a la infraestructura de las ciudades.

Además de los beneficios anteriores, los bosques urbanos influyen directamente en la salud y bienestar de sus habitantes. Las áreas verdes juegan un papel muy importante en la salud física y mental debido a que son lugares que ofrecen relajación, tranquilidad, esparcimiento e identidad y, sobre todo, son áreas que las personas usan como refugio ante los días de calor extremo.

Diaz & Curiel (2012) mencionan que “está comprobado que las áreas verdes tienen efectos directos en la salud: disminución de la obesidad, reducción en el estrés, amortiguamiento sonoro, baja de enfermedades cardiorrespiratorias, disminución de niveles de violencia e, inclusive, reducción de enfermedades mentales” (p.41).

Es importante la conservación de especies arbóreas para evitar un efecto negativo a la flora y fauna debido a que son elementos que mitigan los efectos negativos de la urbanización. Asimismo, el utilizar especies que le den identidad a la ciudad hace posible caracterizar las vialidades principales beneficiando al turismo y la economía local. No olvidemos que evitar daños a la infraestructura genera ahorros económicos a la sociedad, gobierno o sector privado. También, es importante fomentar el uso de transportes no motorizados, incentivando con la reducción de islas de calor, ofreciendo confort a los peatones y ciclistas de la ciudad de Colima.

En la ciudad de Colima se han generado varias vialidades para el transporte motorizado debido a que son ahora las periferias los nuevos centros de actividad urbana, lo que causó un crecimiento exponencial de la estructura urbana, la cual se expandió sobre el bosque de las periferias. La situación urbano-ambiental requiere de un diagnóstico y comparación con base a

los criterios técnicos adecuados, con el fin de mejorar las condiciones viales y ambientales que determinan el diseño del paisaje urbano de la ciudad, que sea coherente con las necesidades de la dinámica urbana-social de Colima y que aporte a la seguridad vial, protección de los recursos naturales, accesibilidad y confort.

Mediante el estudio, análisis y exposición del problema será posible establecer parámetros de control en proyectos futuros, en los cuales, la infraestructura en conjunto de la vegetación sea correctamente planificada y proyecte resultados benéficos en la sociedad. Estos pueden ser desde generar menor gasto para recuperar estructuras dañadas, contribuir en la seguridad vial mediante infraestructura en buenas condiciones, fomentar el turismo con vegetación adecuada y áreas recreativas. Igualmente, es fundamental el cuidado y fomento de áreas verdes, mediante una adecuada planificación y homologación de criterios técnicos urbanos y ambientales, propiciando los beneficios antes mencionados dentro la ciudad de Colima.

1.3 Pregunta de investigación

1.3.1 General

¿Cómo evaluar la situación urbano-ambiental y los servicios ambientales del arbolado y camellones, con base al i-Tree Eco, Plan de Manejo del Arbolado Urbano y reglamentos aplicables de la ciudad de Colima?

1.3.2 Específicas

- ¿Cuáles criterios técnicos del Plan de Manejo del Arbolado Urbano y reglamentos aplicables se deben considerar para la evaluación urbano-ambiental del arbolado e infraestructura de los camellones en la ciudad de Colima?
- ¿Cómo se puede evaluar lo urbano-ambiental del arbolado e infraestructura de los camellones en la ciudad de Colima por medio de los criterios técnicos?
- ¿Cómo cuantificar los servicios ambientales del arbolado presente en los camellones?

1.4 Hipótesis

Los criterios técnicos del Plan de Manejo del Arbolado Urbano y reglamentos aplicables, permiten evaluar la situación de los camellones y el arbolado de la ciudad de Colima; y la herramienta i-Tree Eco permite conocer que las especies nativas brindan más beneficios ambientales, con lo que se determinan las causas de las problemáticas de los camellones en tema urbano-ambiental.

1.5 Objetivos:

1.5.1. General

Evaluar la situación urbano-ambiental y los servicios ambientales del arbolado y camellones, con base al i-Tree Eco, Plan de Manejo del Arbolado Urbano y reglamentos aplicables de la ciudad de Colima; con la finalidad de crear la base de futuras homologaciones en los criterios técnicos de los reglamentos en el tema urbano-ambiental.

1.5.2 Específicos

- Determinar los criterios técnicos a considerar para la valoración urbano-ambiental de los camellones de la ciudad de Colima.
- Establecer la caracterización mediante una herramienta de apoyo que derive el levantamiento de las medidas geométricas de los camellones y los datos dendrométricos del arbolado que facilite la cuantificación e identifique inconsistencias dentro del camellón en el tema urbano-ambiental.
- Cuantificar los servicios ambientales del arbolado presente en los camellones por medio de la herramienta i-Tree Eco.

1.6 Descripción del proceso metodológico:

El proceso metodológico inicia con la revisión de planes y reglamentos que aborden el tema de la geometría de los camellones y la dendrometría del arbolado que se encuentre dentro de la ciudad de Colima, con el fin de identificar bajo qué criterios se hará el levantamiento de información (anexo 5).

Uno de los reglamentos revisados es el de Parque y Jardines del Municipio de Colima debido a que las disposiciones de este Reglamento tienen por objeto asegurar la conservación, restauración, fomento, aprovechamiento, creación y cuidado de las áreas verdes municipales y flora dentro de los parques, jardines y demás bienes de uso común ubicados en la demarcación municipal, en beneficio y seguridad de su población según lo describe el artículo 2 de dicho reglamento.

Otro reglamento revisado es el Reglamento de Construcción para el Municipio de Colima debido a que tiene como objetivo lograr las condiciones de salvaguarda, bienestar de la población y sus bienes según el artículo 1 de dicho reglamento. Dentro del reglamento se obtuvo información para realizar los levantamientos en campo, en el cual se encontró

características que se deben cumplir, como la estructura y geometría de los camellones, y la infraestructura que se encuentre dentro del mismo.

El siguiente considerado fue el Reglamento de Zonificación del Municipio de Colima debido a que tiene por objeto establecer el conjunto de normas técnicas y de procedimiento para formular y administrar la planeación y el ordenamiento territorial de los centros de población en el Municipio, a través de los programas de desarrollo urbano. Dicho reglamento aborda temas como la clasificación de camellones dependiendo las características de las vialidades, también habla sobre la existencia de vegetación y características que deben cumplir en los camellones y restricciones dentro del mismo.

También se consideró el PMAU el cual tiene como objetivo contar con una herramienta de organización y coordinación intergubernamental que facilite la cuantificación, valoración, planeación, manejo y preservación del patrimonio arbóreo de la ciudad de Colima, que posea el carácter de disposición normativa de observancia general en el ámbito municipal. Este instrumento ayuda a identificar el arbolado, como; especie, nombre común, nombre científico, procedencia de especie, características de desarrollo, etc.

Una vez identificados los documentos que aportan a la investigación, se identificó la población y muestra para el estudio. En este caso la población son todos los camellones de la ciudad de Colima y el arbolado que se encuentra dentro de los mismo, posteriormente, se obtuvo la muestra con la ayuda de un plano con todos los camellones de la ciudad de Colima, como se muestra en la figura 9, el cual fue proporcionado por IPCO, en él se encuentran identificados con un ID individual, el cual funcionó para someterlos a una formula estadística con la finalidad de conocer la muestra de tramos de camellón a estudiar para que sea confiable.

Posteriormente, el número de camellones arrojados por la estadística se dividió la muestra entre las cinco zonas de la ciudad de Colima, zonas que se pueden identificar en el mapa de la figura 4, sometiendo la muestra a una aplicación de selección aleatoria para que no tuviera sesgo.

En seguida, se identificaron los camellones a estudiar en un mapa digitalizado georreferenciado y con el ID de cada tramo para poder encontrarlos, también se generó una ruta la cual pasa por todos los camellones a estudiar de cada zona, esto con la finalidad de agilizar el proceso en campo.

En el proceso también fue necesario tener las coordenadas exactas del arbolado, a falta de herramienta de apoyo para obtener dichas coordenadas se utilizó el plano de los camellones proporcionado por IPCO antes mencionado sometiéndolos a un instrumento “como se muestra en la figura 10” para su uso en el campo se imprimió el formato, con escala 1:100 donde cada cuadro representa 50 cm, como referencia. Con esta herramienta se podrá referenciar al arbolado de forma más precisa que con solo el apoyo de un GPS que tiene un amplio margen de error.

Asimismo, se realizó un segundo instrumento como se muestra en la figura 15, el cual consta de varios elementos para la recolección de datos del arbolado y los camellones, estos dos instrumentos siempre se relacionan con la ayuda del ID del camellón y del arbolado para poder identificar la correspondencia en ambos.

Una vez obteniendo la información en campo se vació a una base de datos (figura 21) en donde se concentra la información de ambos instrumentos, a su vez, se tuvo que vaciar la ubicación del arbolado al documento georreferenciado en AutoCAD para obtener las coordenadas como se muestra en la figura 20.

La información recabada en la base de datos se utilizó para exportarla a la aplicación i-Tree Eco con la finalidad de obtener valores del arbolado como los servicios ambientales que ofrecen, composición y abundancia de las especies encontradas, entre otros datos. También se obtuvo información de la base de datos, información que no nos arroja i-Tree Eco, como el porcentaje de árboles que dañan las líneas aéreas, luminaria y guarnición.

1.7 Alcances y limitaciones:

1.7.1 Alcances

Identificar y exponer las causas del problema urbano-ambiental dentro de los camellones de la muestra de estudio con la finalidad de crear una base que contribuya en la gestión de futuras modificaciones y homologaciones de los criterios técnicos de los reglamentos en tema urbano-ambiental de la ciudad de Colima.

1.7.2 Limitaciones

Viabilidad de las fuentes

El tema que se aborda carece de información documental, por lo tanto, se obtendrá mediante el trabajo de campo, el uso de nuevas herramientas y técnicas. También, se recuperará gran

parte de la información con el levantamiento en campo realizado por el equipo de trabajo conformado por 10 estudiantes de la licenciatura en arquitectura. Por lo tanto, el trabajo se sustentará de información directa.

Recursos Humanos

El proyecto se divide en cinco zonas: centro, norte, sur, oriente norte y oriente sur. Cada zona tiene 20 camellones como muestra de estudio sumando un total de 100 camellones. El equipo de trabajo consta de 10 alumnos de la licenciatura en arquitectura del Instituto Tecnológico de Colima, que trabajaron en pareja por zona, levantando información de 20 camellones por pareja. El principal problema es la coordinación entre el maestrando y los alumnos de la licenciatura debido a los horarios incompatibles con la mayoría, haciendo complicada las reuniones de trabajo, además, el levantamiento requiere de herramientas de medición, las cuales no son suficientes obligando a hacer levantamiento en diferentes días de la semana para ceder las herramientas a la siguiente pareja de trabajo, alentando el proceso de la obtención de la información.

Contexto

El área de estudio se encuentra principalmente sobre avenidas donde circula gran cantidad de vehículos motorizados, por lo tanto, el equipo de trabajo se encuentra en constante peligro ante algún accidente de tránsito. Otro factor que limita es el tema de inseguridad, algunos camellones se encuentran en zonas de la ciudad consideradas peligrosas por constantes actos delictivos.

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se fundamenta esta investigación, que proporcionará al lector una idea más clara acerca de acerca del tema. Se encontrará el marco conceptual obteniendo los conceptos básicos, complementarios y específicos. Al igual se encuentra el marco referencial, brindando la base teórica sobre la que se sustenta la investigación, por último, el marco normativo, el cual contiene un conjunto de leyes, reglamentos y normas que le dan fundamento a la investigación.

Los árboles urbanos proveen muchos beneficios para las ciudades y sus habitantes por lo que es importante cuidarlos y protegerlos. En seguida se mencionan las formas en que los árboles y bosques urbanos contribuyen a hacer que las ciudades sean socio-económica y ambientalmente más sostenibles.

Para los habitantes de una ciudad es necesario tener elementos que ayuden a mitigar los efectos de la urbanización, por ejemplo, entre más áreas verdes contenga la ciudad mejor será la calidad de vida. Los árboles ayudan a mantener el aire con menos contaminantes, a reducir la temperatura, reduce el estrés de las personas y por ende mantiene la salud física y mental de los habitantes.

Según Onu Habitat (2019) “La ubicación estratégica de los árboles en las ciudades puede ayudar a enfriar el aire entre 2 y 8 grados centígrados” (párr. 5). Al igual, el arbolado puede ayudar a mitigar los efectos del invierno, por ejemplo, Bustos en el año 2016 realizó una investigación para establecer el porcentaje adecuado de cobertura arbórea para generar temperatura del aire más confortable durante los meses más fríos en la localidad costera de Pehuen Co (Argentina). Lo cual tuvo como resultado que;

Durante la mañana se registró la temperatura del aire superior en el área con cobertura vegetal > al 80 %. Esto indicó que la cobertura vegetal densa aumenta la intensidad de la temperatura del aire en las horas de menor temperatura invernal reteniendo la radiación de onda larga. El área con cobertura vegetal < al 40 % fue más fría. En cambio, la Temperatura de Superficie Terrestre tuvo un comportamiento inverso a la temperatura del aire por el efecto estabilizador que la vegetación genera en esta variable. (Bustos, Ferrelli y Piccolo 2016, p. 67)

Cabe mencionar que no solo beneficia en lo ambiental, sino también en lo económico, debido a que es una ventaja competitiva en el desarrollo del turismo en invierno debido a que los visitantes buscan ese elemento natural que provee la vegetación. “La planificación de paisajes urbanos con árboles puede aumentar el valor de la propiedad hasta en un 20 por ciento, y atraer el turismo y los negocios” (Onu Habitat, 2019, párr. 8).

Un efecto negativo de la urbanización son las inundaciones, a mayor área de elementos artificiales menos será la permeabilidad del agua, por ende, en temporada de lluvias las ciudades son más propensas a las inundaciones. Según Onu Habitat (2019) Los árboles maduros regulan el flujo de agua y desempeñan un papel clave en la prevención de inundaciones y la reducción del riesgo de desastres naturales. Un árbol de hoja perenne maduro, por ejemplo, puede interceptar más de 15 000 litros de agua por año (párr. 7).

Bonells (2020) dice que la escorrentía de aguas pluviales no es importante en un bosque porque alrededor del 80% al 95% de la precipitación anual en un bosque es capturada por la infiltración del suelo y el 5% al 20% restante es capturado por la corteza del árbol y las hojas donde fluye lentamente por el árbol después de que la lluvia ha terminado o se evapora en el proceso de fluir por el árbol.

Es por eso que en una ciudad es importante considerar más espacios verdes con arbolado porque tiene poca área de tierra que permita la permeabilidad, por lo que gran cantidad de agua se va al sistema de alcantarillado pluvial.

Según la Organización Panamericana de la Salud (2016) Más de 150 millones de personas en América Latina viven en ciudades que exceden las Guías de Calidad del Aire de la OMS. Otro beneficio que el arbolado ofrece a las ciudades es la reducción de los contaminantes en el aire, entre más arbolado saludable y desarrollado adecuadamente mayor contaminante eliminará.

En un estudio sobre la remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá, Colombia, determinó que gran cantidad de los contaminantes a causa de la conglomeración vehicular y entre otras cosas son eliminados por el arbolado urbano. El estudio consistió en analizar 398 parcelas de muestreo, de las cuales “se encontró un 23% de cobertura arbórea en el área de estudio y una remoción de 228 toneladas de contaminantes por año (valor aproximado de 2.1 millones USD)” (Arroyave, Posada, Nowak y Hoehn, 2018, p.1).

Hoy en día que atravesamos una contingencia sanitaria por el Covid-19, la cual ha cambiado la manera en que vivimos, causante de que la humanidad busque nuevos espacios verdes para mitigar los efectos negativos del aislamiento. La salud física y mental de los habitantes de una ciudad es muy importante puesto que de eso depende la productividad para el desarrollo de la ciudad. Según la Onu Habitat (2019) en algunas investigaciones “muestran que vivir cerca de espacios verdes urbanos y tener acceso a ellos puede mejorar la salud física y mental, por ejemplo, al disminuir la presión arterial alta y el estrés. Esto, a su vez, contribuye al bienestar de las comunidades urbanas” (párr. 6).

Como se menciona en los párrafos anteriores, los árboles son un elemento de suma importancia en las ciudades, pero cuando el arbolado no es gestionado correctamente los conflictos con la estructura urbana empiezan a presentarse. Los daños a estructuras urbanas por raíces de los árboles, principalmente en aceras y guarniciones de los camellones, son un problema en las ciudades. Esto sucede porque gran cantidad de arbolado se encuentra plantado en un sitio que no es el adecuado. En una investigación nombrada Daños a Banquetas por Arbolado de Alineación Establecido en Cepas en la Delegación Coyoacán, Distrito Federal, dice que, “los daños a banquetas provocados por el arbolado de alineación es un problema que se encontró con frecuencia, pues el 71.8% del total de los árboles muestreados, habían provocado algún tipo de daño”. (Benavides, López, Flores, 2002, p.7).

Otra investigación nombrada Daño a la infraestructura (pavimento) causado por el arbolado urbano en Puerto Vallarta, Jalisco en el cual se realizó un estudio por Quijas y Esquivel (2021) “para analizar los árboles que por su localización inadecuada causan daño significativo a la infraestructura, entre la que se destaca al pavimento de las áreas verdes urbanas de Puerto Vallarta, Jalisco, se describen los factores que explican el daño registrado”. (p.1) El nivel de daño se evaluó en las especies con 10 individuos por taxón en las áreas verdes y se hizo en función de tres factores: Uno fue biológico el cual consideraron las dimensiones del arbolado, como el diámetro a la altura del pecho, altura total y área de copa, otro factor fue el social y económico, el cual consideraba la posibilidad de reparación de daños, y último, lo ambiental. Esta investigación dictamina lo mismo que la investigación anterior, los daños más comunes al pavimento son por el arbolado que no cumple con las dimensiones para un desarrollo adecuado dentro de la franja de tierra.

2.1. Marco Conceptual

El **urbanismo** es la representación de la organización de la estructura de una ciudad, en donde se ordenan espacios públicos y privados conforme a un marco normativo. La urbanística se deriva del urbanismo, según Cerdá 1859, como se citó de García (2000) es el conjunto de disciplinas que estudian el asentamiento humano para poder diagnosticar y cuantificar el espacio, con el fin de destinar espacios ordenadamente. El concepto de urbanística en los asentamientos humanos es vista no como el espacio de la ciudad como lo podría ser la estructura urbana, sino, como la que estudia todo lo relacionado con el funcionamiento de dicha estructura.

Es inevitable iniciar el proceso urbano sin impactar el entorno pudiendo denominarse como **medio ambiente** que es todo lo que rodea y condiciona a los seres vivos. Según Pérez, “La palabra ambiente se origina del latín ambien-ambientis que significa que va por uno y otro lado, que engloba un entorno; que rodea” (2021, p.7). El medio ambiente se clasifica como natural y artificial. El natural, es todo aquello que no ha sido modificado o intervenido por el ser humano. En cambio, se le denomina medio ambiente artificial a todo el entorno modificado o tocado por el hombre.

El área de estudio se encuentra dentro del medio ambiente artificial, específicamente dentro de la estructura urbana, donde los camellones son un elemento importante en las vialidades de las ciudades debido a que son un elemento que alberga a la mayor parte del arbolado de alineación, a su vez ayudan al ordenamiento de la circulación vehicular y es un resguardo para el peatón en las intersecciones que se generan. Según Benedetti (2007) El **arbolado de alineación** es aquel que se encuentra plantado sobre aceras y camellones alineados conforme a la vialidad.

En una calzada o camino, el **camellón** limita por medio de rayas de pintura o guarniciones, que se construye para separar el tránsito de vehículos en el mismo sentido o en sentidos opuestos. En otros países de habla hispana se le conoce como franja separadora o divisoria. Según el Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014), “se define a la **guarnición** como un elemento parcialmente enterrado, generalmente de concreto, que se emplea principalmente para limitar las banquetas, isletas y delinear la orilla del arroyo vial” (p.732). Esta investigación utiliza el concepto camellón con el criterio utilizado por IPCO, nombrándolo como tramo de camellón, el cual se conforma por la delimitación de la guarnición y pasa a ser otro tramo de camellón cuando existe un cruce vehicular que causa un cambio de nivel.

En la presente investigación se busca obtener una homologación de criterios técnicos de los camellones y del arbolado de alineación del camellón. En donde “**Homologación** es la verificación del cumplimiento de determinadas especificaciones o características por parte de una autoridad oficial” (Asociación Española para la Calidad, 2019, p. 1). En varios campos se refieren como homologación a la igualdad de reglamentos y normas que ordenan el funcionamiento, en este caso se requiere ordenar el funcionamiento de los criterios técnicos de los camellones en conjunto con su arbolado de alineación.

Los **criterios técnicos** son las características generales que debe considerar el perito valuador y la forma en que debe analizarlos para formular el dictamen. La unión de estos dos conceptos “criterios técnicos” son las consideraciones que se deben tomar para que el elemento se desarrolle con las medidas, materiales y espacios correctos. En este caso se debe tomar los criterios del Plan de Manejo del Arbolado Urbano de la Ciudad de Colima y del Reglamento de Parques y Jardines para el arbolado, guiándonos por la dasometría y dendrometría para saber las medidas, tipología y espacio correcto que debe tener el arbolado. Por lo que “**criterio**, es una norma para conocer la verdad o la adecuación de una cosa a lo requerido en una materia o una disciplina” (Larousse, 2016).

Como se observa, es de suma importancia tener en cuenta las características del arbolado, el cual se obtienen a través de la dendrometría que trata de las medidas del árbol individualmente y su forma. El concepto **dendrometría** es una de las ramas de la dasometría, por lo que, “proviene de las palabras de origen griego: daso, que significa bosque y metría, que significa mediciones” (Díaz, 2012, p.1).

“**Espacio verde** público/espacio público/espacio verde: área que posee la ciudad, el cual, contiene arbolado y permite la aproximación de la ciudadanía al bosque urbano. Puede contener equipamientos recreativos o ubicarse en las vialidades. Estos pueden ser parques, jardines, plaza cívica, plazoletas, andadores o tramos de camellones” (PMAU, 2021, p. 143).

2.2. Marco Referencial

En la presente investigación se utilizaron métodos de recolección de datos similares a las investigaciones que se mencionan en seguida, con el fin de facilitar el levantamiento de información y su procesamiento. También se tomaron en cuenta la técnica de procesamiento de datos, logrando una técnica híbrida y ajustada al área de estudio.

Una investigación de Reynolds, Escobedo, Crerici, Camaño (2017) nombrada La “reverdecimiento” de las ciudades neotropicales mitiga considerablemente las emisiones de dióxido de carbono. El caso de Medellín, Colombia trata sobre la estimación y evaluación “del dióxido de carbono (CO₂) almacenamiento, secuestro y compensación de emisiones por árboles públicos en el Área Metropolitana de Medellín, Colombia, como una solución viable basada en la naturaleza para el Neotrópico” (p.1) Una investigación que fue llevada a cabo utilizando el i-Tree Streets, una deficiencia notable de i-Tree Streets es que todas las relaciones de crecimiento, mortalidad y edad-C de los árboles se derivan de las ciudades de EE. UU. Por lo tanto, el modelo no utiliza directamente el crecimiento de los árboles o las tasas de mortalidad específicas del sitio o de la especie, por lo tanto, los resultados presentados deben interpretarse con cuidado, en cambio, el i-Tree Eco, está adaptado para México, obteniendo datos del arbolado local para un análisis más preciso.

Otra investigación que utilizó software de i-Tree tiene como nombre “Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá”. El objetivo de esta investigación fue estimar y valorar la remoción de contaminantes atmosféricos por parte del bosque urbano en el valle de Aburrá, Colombia, y proporcionar estrategias de manejo para optimizar este servicio. La metodología utilizada y los resultados obtenidos en este estudio pueden aplicarse en otras ciudades de Latinoamérica, lo que contribuirá a aumentar la adaptación de las urbes al cambio ambiental global. (Maya et al., 2018, p.7).

La metodología para conseguir la muestra fue al azar del componente forestal utilizando un mapa de coberturas del suelo generado con un proceso de clasificación supervisada sobre una imagen satelital con resolución de 50 cm de la zona urbana del valle de Aburrá.

Las investigaciones se basaron solo en la obtención de los servicios ambientales que ofrece el arbolado estudiado, en el caso de la presente investigación también requiere de metodología para cuantificar y cualificar información de la infraestructura que contiene los camellones.

Unos de los autores que también formularon una metodología compatible para esta investigación son (Benavides et, al., 2002). En uno de sus artículos, nombrado Daños a Banquetas por Arbolado de Alineación Establecido en Cepas en la Delegación Coyoacán, Distrito Federal, habla sobre los daños a estructuras urbanas por raíces de los árboles. También

aborda la problemática de la falta de planeación en la selección de la especie para el espacio disponible. Este instrumento se realizó con el fin de definir criterios para su correcta ubicación. Realizaron un muestreo aleatorio estratégicamente en 40 árboles de las 11 especies típicas en la Ciudad de México, ubicados en tres tamaños de cepa (chica, mediana y grande). Se registró la presencia o ausencia de daño provocado a guarniciones y banquetas, de acuerdo a una escala categórica según la severidad del mismo.

La investigación inició con la selección del área a estudiar, que fue elegida a partir del tipo de suelo, la cual tenía que tener características similares al suelo más común del área urbana de la Ciudad de México.

Una vez obtenido el área de estudio crearon criterios para la selección de muestra. A fin de seleccionar los árboles que representaron la muestra tomaron en cuenta las medidas del arbolado, también los individuos plantados en cepas ubicadas en banquetas y los árboles de las especies más frecuentes de la Ciudad de México.

Con base a los criterios antes mencionados, realizaron recorridos a pie por calles de la delegación, en la cual tomaron al azar datos de 40 árboles de cada especie en cada tamaño de cepa definido. A este método de muestreo lo nombran aleatorio estratificado. Los datos recolectados fueron los daños provocados a banquetas, los cuales los catalogaron por medio de una escala ordinal como se muestra en la tabla 1.

CARACTERÍSTICAS DE LOS TAMAÑOS DE CEPA		
CATEGORÍA	VALOR NUMÉRICO	CARACTERÍSTICAS
Ninguno	0	Banqueta en buenas condiciones (no se encuentra levantada ni fracturada)
Mínimo	1	Banqueta con una elevación superficial (máximo de 3cm del nivel original) y aparición de fisuras)
Regular	2	Banqueta con una elevación entre 3 y 6 cm y fisuras muy evidentes
Severo	3	Banqueta con una elevación entre 6 y 10 cm. Fragmentada y la guarnición comienza a separarse
Muy severo	4	Banqueta elevada más de 10 cm y con fragmentos sueltos. La guarnición está muy separada o ya no se encuentra

Tabla 1 Recuperado de Benavides, Martínez y Hernández (2002). Características de los tamaños de cepa definidos para llevar a cabo el muestreo en el arbolado de alineación en la Delegación Coyoacán.

Sin embargo, los resultados de esta investigación solo fueron analizados para saber el porcentaje del arbolado por especie en cada categoría de daño y por cada tipo de cepa, en el

caso de nuestra investigación se analizará no solo los daños, sino también los camellones para saber si es apto o sigue los criterios técnicos de los reglamentos. También, se analizaron los servicios ambientales a través de la clasificación de los árboles, por especies, familias, así como el análisis de la ubicación estratégica para que no afecte en la movilidad del peatón y en el funcionamiento de la infraestructura aérea.

Otra metodología revisada, es la del Catálogo de Flora del Municipio de Cajeme. El Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Cajeme (IMIP) (2018) muestra un catálogo que surgió con la intención de publicar la investigación realizada por el mismo Instituto sobre las especies vegetales más frecuentes en el contexto urbano. En este se encuentran las características, beneficios y condiciones que ofrece la vegetación.

La información que presenta este catálogo ofrece elementos en la propuesta y selección de la paleta vegetal, con la finalidad de que la población haga un correcto manejo del arbolado urbano.

Dicho catálogo se encuentra estructurado por medio de un índice, introducción, exposición de motivos, también existe un apartado de la situación actual. En seguida se encuentran las fichas técnicas y la explicación de la simbología y nomenclatura, como se muestra en la figura 1, las fichas técnicas lo dividieron por especies arbóreas, palmeras, cubre suelos o arbustos y cactáceas.

La metodología utilizada para el desarrollo de este catálogo sirve para la presente investigación, debido a que se manejan características de información similares en donde hablan de procedencias de especies, daños a la infraestructura y adaptabilidad del arbolado con la infraestructura.

CATÁLOGO DE FLORA DEL MUNICIPIO DE CAJEME

Nombre común:
Tabachín o Flamboyant



* Imágenes tomadas de estado actual del arbolado de C.A. Colima

 **Hoja**
 **Veina**
 **Tronco**
 **Flor**

Fotografías de la vegetación

Nombre científico:	<i>Delonix regia</i>
Nombre común:	Tabachín o Flamboyant
Altura:	15.00 metros
Ancho de copa:	12.00 metros
Tipo de raíz:	Sistema radicular agresivo, por lo que requiere de suficiente espacio para extender sus raíces, como banquetas, guarniciones y postes. Cuidar centros de abstracciones.
Separación entre plantas:	5 metros.
Se recomienda plantar en:	Sitios como arbol de fondo, postes o como separador utilizado también bajo su porte. Carreteras de 4.00m o más, jardines, parques y plazas.
Descripción:	100% list. plantar en suelo arenoso que drene bien, poca floración en verano, de crecimiento muy rápido.
Mantenimiento:	requiere muy poco mantenimiento, necesita muy poca o que una vez establecido, da una hermosa sombra, es conocido por sus múltiples propiedades medicinales.

Número de ficha

Especie dañina banquetas y guarnicion

Especie con buena adaptación

Tabla con información de la especie

Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Cajeme

Figura 1 Recuperado de IMIP (2018). Ficha técnica de arbolado de Cajeme.

Otra investigación de suma importancia que aporta a esta investigación es el PMAU (2021) el cual se llevó a cabo por el Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO) y tiene como objetivo contar con una herramienta de organización y coordinación intergubernamental que facilite la cuantificación, valoración, planeación, manejo y preservación del patrimonio arbóreo de la ciudad de Colima, que posea el carácter de disposición normativa de observancia general en el ámbito municipal.

Para lograr dicho objetivo:

- Se llevó a cabo un inventario o censo del arbolado de la ciudad de Colima.
- Llevaron un diagnóstico del estado del arbolado urbano de la ciudad de Colima para que brinde las recomendaciones para un manejo adecuado y específico del bosque urbano.
- Realizaron un listado de especies recomendadas para usar en los nuevos proyectos de urbanización y en la renovación de calles con situación de arbolado, siempre en función de las características de la vía, anchura de aceras y distancia de las fachadas.
- Instauraron las técnicas de mantenimiento de las áreas verdes y del arbolado con especial atención al tema de la poda entre los distintos tipos de arbolado.

- Fomentaron la diversidad en el arbolado en las campañas de reforestación anual donde no se supere el 10% de plántulas de la misma especie, una vez que entre en vigor el presente documento (toda aquella campaña de reforestación pública o privada deberá ser aprobada por la Dirección de Ecología y Medio Ambiente del H. Ayuntamiento del Municipio de Colima).

Esta investigación aportó a la hora de la identificación de especies, y ayudó para determinar las especies adecuadas e inadecuadas. También ayudó en la formulación del instrumento y en la técnica para el levantamiento de información. El sistema de medición se basa en parámetros dasométricos de los árboles de la ciudad utilizando técnicas de muestreos diferentes. Ese sistema les permitió estimar los criterios, estrategias y acciones de manejo del bosque urbano de la ciudad. La toma de datos la realizaron en formatos impresos y de acuerdo a lo establecido en el Manual del Usuario de i-Tree Eco v6.0.

Para el trabajo de medición de datos dasométricos se contó con el siguiente equipo:

- Hipsómetro Nikon Digital para medición de altura digital.
- Clinómetro Suunto PM5/1520 para medición de altura manual.
- Brújula/Clinómetro Suunto Tandem para medición de altura manual.
- Forcípula Forestal Haglöf Mantax 1020 mm
- Forcípula Forestal Haglöf Mantax 59 cm
- Cinta métrica de 30 m.
- Cinta métrica de 20 m.

2.3 Marco Normativo

La importancia de los fundamentos jurídicos reside en dar muestra de que las problemáticas urbanas tienen importancia dentro de la dinámica social y pública en el mundo, lo cual ha obligado a las autoridades buscar soluciones que permitan erradicar esas problemáticas y que se puedan sustentar las acciones a aplicar en determinado territorio.

Internacionalmente se promovió el establecimiento de políticas nacionales para coordinar y armonizar actividades en asentamientos humanos en la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos en 1976, celebrada en Vancouver, Canadá. Es ahí, donde se replanteó la normatividad urbanística en el mundo mediante algunos objetivos, como:

el intercambio de información sobre desarrollo sostenible de asentamientos humanos, asesorías técnicas y financieras para promover viviendas dignas para todos.

Veinte años después en 1996, se celebra la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos en Turquía, de la cual emerge un documento político llamado la Agenda Hábitat. En esta segunda conferencia, Hábitat II, se evalúan los 20 años de progreso desde la primera conferencia en Vancouver, reafirmando nuevamente sus principios y compromisos. Lo anterior, a fin de mejorar la calidad de vida en las zonas urbanas y en los asentamientos humanos, mediante los objetivos de asegurar vivienda apropiada para todos y garantizar el progreso de los asentamientos humanos.

En continuidad por el interés de las naciones, 10 años después se llevó a celebrar Hábitat III en Quito, Ecuador. En esta reunión del 2016 se aprobó la Nueva Agenda Urbana (NAU), ésta guía para orientar los esfuerzos en materia de desarrollo de las ciudades busca “promover ciudades más incluyentes, compactas y conectadas mediante la planificación y diseño urbano, gobernanza y legislación urbana, y la economía urbana. Procura crear un vínculo de refuerzo recíproco entre urbanización y desarrollo” (Naciones Unidas, 2021, p. 2).

En esta NAU en la sección compromisos de transformación en pro del desarrollo urbano sostenible, las Naciones Unidas (2017) se comprometen a “promover la creación de espacios públicos seguros, inclusivos, accesibles, verdes y de calidad” (p. 15), como el diseño y la gestión de estos, para garantizar el desarrollo humano sostenible. Además, logran el compromiso de “promover la creación y el mantenimiento de redes bien conectadas y distribuidas de espacios públicos de calidad, abiertos, seguros, inclusivos, accesibles, verdes y destinados a fines múltiples, a incrementar la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático y los desastres” (Naciones Unidas, 2017, p. 23).

Para comenzar a hablar sobre instrumentos jurídicos se debe iniciar con, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la cual reúne las obligaciones y principios de la nación en sus diferentes ámbitos. En materia de territorio y ordenamiento la Constitución menciona los artículos 27, 73 y 115. En base a la primera LGAH estos se modifican en 1976.

Así mismo, la primera Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH) de 1976 y 1993 provee el marco jurídico e institucional para regular el desarrollo urbano, el ordenamiento territorial y la vivienda en el país. Dicha ley sentó las bases para la expedición de leyes,

reglamentos, planes y programas en materia de derecho urbano, así como la creación de instancias en los tres niveles (federal, estatal y municipal) para la planeación y administración urbana. Por lo tanto, se rescatará para fines de esta investigación lo expuesto en el art. 27, que expone la obligación del Estado a dictar:

El cual habla sobre las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico (La Honorable Cámara de Diputados, 2020, p. 3).

Como se mencionó anteriormente, en México se llevaron a cabo acciones, desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos en Vancouver (Canadá) en 1976 y en Estambul (Turquía) en 1996, para seguir la ruta de la agenda urbana.

Después de llevar la celebración de Hábitat III en Quito, Ecuador se llevaron temas en materia de accesibilidad en espacios públicos en México, lo cual se abordó la LGAH, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano en los artículos 52, 59, 74, y 101. Los artículos coinciden en que los espacios públicos deben crearse, mantenerse y mejorarse para garantizar el acceso universal, y el deber de hacer cumplir lo anterior son la federación, las entidades federativas y los municipios.

Si bien en algunos de los artículos mencionados se habla de la independencia que tiene los órganos comunales y municipales para organizar y administrar su territorio no se especifica o se habla de los planes de ordenamiento territorial respectivamente. En el marco del ordenamiento territorial resulta de gran importancia mencionar LGAH, ordenamiento territorial y desarrollo urbano la cual es entendida como el instrumento de regulación de los centros de población y ordenación del territorio de los asentamientos humanos.

En este instrumento se pone sobre la mesa de manera más específica el papel que tiene la ordenación del territorio en la planeación. Se aborda este tema desde el ámbito federal y se comienza a mencionar la importancia de este ejercicio en los diferentes niveles de gobierno, haciendo resaltar que este es un trabajo en conjunto desde los niveles más generales hasta los más específicos.

Según la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2006), algunos de los artículos que hacen mención del ordenamiento del territorio son; artículo 10 fracción IV, que corresponde a las entidades federativas, el cual tiene como objetivo aplicar y ajustar sus procesos de planeación a la estrategia nacional de ordenamiento territorial. Artículo 22, dictamina que la planeación del Ordenamiento Territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano estará a cargo, de la Federación, las entidades federativas, los municipios y las demarcaciones territoriales. El artículo 28 dice que los programas estatales de ordenamiento territorial y Desarrollo Urbano, los planes o programas municipales de Desarrollo Urbano, serán aprobados, ejecutados, controlados, evaluados y modificados por las autoridades locales.

En el 2013 se crea la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), está destinada al desarrollo urbano y territorial. También, el Poder Legislativo aprobó la LGAH, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, con nuevos principios como el Derecho a la Ciudad. Mediante foros, diálogos y reuniones se crearon mejores instrumentos para la prevención de riesgos, planeación, ordenamiento del territorio y planeación.

Es así como a partir del Plan Nacional de Desarrollo se comienzan a desprender instrumentos más específicos que atenderán respectivamente a cada uno de los niveles de gobierno (figura2).



Figura 2 Recuperado de Reza (2019). Instrumentos en materia de ordenamiento territorial.

Para fines del caso de estudio corresponde el Plan Estatal de Desarrollo Urbano el Estado de Colima, este es el instrumento rector en materia de ordenamiento territorial que establece las estrategias territoriales para orientar el desarrollo urbano y regional en el Estado de Colima.

Este instrumento se actualizó en 2016, con la formulación de un nuevo plan con horizonte al año 2021.

De acuerdo con Calderón (2020), citado en el Plan Estatal de Desarrollo del 2016, se impulsa una política ambiental sustentable, generando y regulando el ordenamiento ecológico y territorial de forma estratégica y regional, que fomente un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad, previniendo y controlando la contaminación; a través de una gestión y educación ambiental eficiente que den respuesta a las necesidades y al desarrollo de la sociedad, con transparencia y excelencia acreditada para ser ampliamente reconocidos a nivel estatal y nacional. (p. 5.).

El Reglamento de Zonificación del Estado de Colima, señala que son los programas parciales de urbanización los que precisan la zonificación secundaria, así como la lotificación y diseño de vialidades solamente dentro de los límites del predio objeto del programa, concretando en el resto a determinar la zonificación primaria, el trazo de las vialidades principales que estructuran la unidad y el diseño de la zona de equipamiento urbano.

Por otro lado, el Plan Municipal de Desarrollo 2019-2021; en lo que toca a la planeación urbana la aborda como un instrumento de coordinación urbana, se ocupa de la participación ciudadana en los procesos de planeación y en lo que toca a instrumentos de ordenamiento territorial y ambiental señala como objetivos los siguientes:

1. Actualizar los instrumentos de planeación que contengan una visión integrada de largo plazo, considerando las relaciones urbano-rurales del municipio;
2. Promover la política ambiental para el desarrollo sustentable que garantice a la ciudadanía la protección y preservación de los recursos naturales.
3. Contar con programas parciales de desarrollo urbano los sectores más necesitados de la ciudad, particularmente para el mejoramiento de los barrios existentes en la zona urbana del municipio, así como en los poblados y comunidades rurales.

El Reglamento de Zonificación del Municipio de Colima presenta artículos relacionados a la investigación que se está abordando, como se muestra a continuación:

Artículo 151. “Todas las rutas o senderos peatonales, sean banquetas, andadores o pasajes deberán cumplir con los siguientes lineamientos:” (Honorable Cabildo Municipal, 2009, p. 84)

“VIII. En los camellones, donde se proponga el paso peatonal, deberá reservarse un ancho mínimo de 1.20 metros sin obstáculos y a nivel de pavimento, para el libre y continuo desplazamiento de peatones”-(Honorable Cabildo Municipal, 2009, p. 84).

Artículo 170. En el inciso b se establece que “Todo tipo de vialidad deberá contener arbolado en aceras y camellones” (Honorable Cabildo Municipal, 2009, p. 90). Pero no se establecen criterios de cómo deberían estar dispuestos los árboles, siendo esto parte de la problemática principal.

Artículo 219. “Las vías de acceso controlado deberán sujetarse a las siguientes normas:

VII. “Anchura de la faja separadora central, o camellón central: 1.20 metros mínimo;

VIII. Anchura de las fajas separadoras laterales, o camellones laterales: 6.00 metros mínimo;” (Honorable Cabildo Municipal, 2009, p. 107).

El Honorable Cabildo Municipal (2009), también aborda el artículo 237. La vegetación y obstáculos laterales que se ubiquen en las vialidades estarán sujetos a los siguientes lineamientos:

- I. La vegetación que se ubique sobre camellones y banquetas y cuyo follaje se encuentre entre el piso y una altura menor de 1.5 metros, deberá limitarse en su altura a 1 metro como máximo, para evitar la obstrucción de la visibilidad a los conductores.
- II. Para la vegetación que rebasa la altura de 1.5 metros se deberá dejar bajo la copa de la misma una distancia libre de visibilidad de 1 a 1.5 metros
- III. Los árboles que rebasen los 1.5 metros de altura y cuyas ramas se extiendan sobre las vialidades deberán tener una altura libre de 5 metros desde la superficie de rodamiento y hasta la parte más baja de las ramas.
- IV. Los objetos que se ubiquen sobre las banquetas y camellones y próximos a los arroyos de circulación no deberán estar a una distancia menor de 0.3 metros desde la orilla del carril de circulación más próximo. (p. 121).

El Reglamento de Construcción para el Municipio de Colima, establece que:

“Artículo 36. En los camellones donde sea necesaria la colocación de postes, los camellones deberán tener un ancho mínimo de 4.00 m, incluyendo el ancho del poste o estructura que se pretenda colocar” (Honorable Cabildo Municipal, 2014, p. 13)

“El Reglamento de Zonificación del Municipio de Colima establece los lineamientos para el diseño de estos espacios: la anchura de la faja separadora central o camellón central de las vialidades deberá ser de mínimo 1.20 m y para las franjas de camellones laterales, la anchura deberá ser de 6 m mínimo. Para el diseño de estos espacios en arterias colectoras se establece que el ancho mínimo deberá ser de 1.5 m y dependerá de las características del diseño urbano. Así también, determina que la vegetación que se ubique sobre los camellones y banquetas deberá contener especies que tengan follaje a una altura menor de 1.5. m y limitarse en su altura a un metro como máximo para evitar la obstrucción de la visibilidad a los conductores. La vegetación que rebase los 1.5 m de altura deberá dejar bajo la copa de la misma una distancia libre de visibilidad de 1 a 1.5 m; en aquellos árboles que rebasen la altura anterior y cuyas ramas se extiendan sobre las vialidades deberán tener una altura libre de 5 m desde la superficie de rodamiento hasta la parte más baja de las ramas.” (PMAU, 2021, p. 39)

Después de revisar los reglamentos, es de suma importancia abordar el PMAU para establecer dentro de esta investigación cuál es la adecuada relación entre los camellones y el arbolado posicionados en estos.

“Es importante hacer notar que la zonificación realizada para la ciudad coincide con las condiciones socioeconómicas de la población que reside en Colima, lo cual se liga directamente con el tipo de arbolado existente en los espacios verdes públicos, ya que en gran medida los habitantes de la ciudad son quienes realizan la plantación de árboles en los espacios verdes públicos, tales como: los parques, jardines y camellones, generalmente aledaños a sus viviendas” (PMAU, 2021, p. 36) Dentro De las ciudades los camellones son espacios de suma importancia para lograr una ciudad más saludable y resiliente debido a la gran cantidad de arbolado que albergan dentro de la traza urbana.

Abordando el tema normativo, se expone el corto tiempo que en México se aplican instrumentos de planificación urbana, de ahí la importancia de seguir investigando sobre los

puntos débiles dentro de la estructura de la ciudad y generar interés para las futuras modificaciones de los instrumentos de planificación urbana, en donde se haga una recopilación de criterios de diseño urbano que englobe todas las necesidades de la estructura urbana, para el caso de esta investigación se requiere la homologación de los criterios técnicos urbano-ambientales de los camellones, en los anexos 5, 6, 7 y 8 se muestra la recopilación de los criterios considerados.

3. METODOLOGÍA APLICADA

La investigación identifica y expone las causas del problema urbano-ambiental dentro de los camellones. Para esto se presenta a continuación la metodología de trabajo que busca alcanzar los objetivos propuestos.

3.1 Enfoque y tipo de estudio

3.1.1 Enfoque

El enfoque de la presente investigación es de tipo mixto debido a que cuenta con características cualitativas y cuantitativas.

Cuantitativo

El enfoque cuantitativo se remarca en el tipo de muestra que se recolectarán y analizarán, refiriéndose a los camellones de la ciudad de Colima. El método utilizado para la selección de los tramos de camellón fue a base de estadística y aleatoria, en el cual para obtener la muestra se usó una fórmula, como se muestra en la figura 6, en la que arrojó el número de camellones que se deberán analizar para un resultado confiable.

Cualitativo

El enfoque cualitativo se presenta a la hora de analizar la información que se recabó con el enfoque cuantitativo. A partir de la caracterización dasométrica del arbolado y la geometría de los camellones, se analizó la interacción que tuvieron a través de la observación y así poder determinar cuáles son los factores que provocan daños a la infraestructura, se logró generar comparativas de lo que está bien y lo que está mal dentro los camellones en el tema urbano-ambiental.

3.1.2 Tipo de estudio

El tipo de estudio es descriptivo debido a que se describió la situación del tema urbano-ambiental que se estudió, en el cual se recogió información de tramos de camellón y su arbolado de manera independiente y poder describir lo adecuado e inadecuado de acuerdo a los reglamentos consultados. También es de tipo correlacional debido a que fue necesario conocer las relaciones que tienen los camellones y arbolado con los daños causados a la infraestructura.

3.2 Área del estudio

El área de estudio se encuentra en el estado de Colima, municipio de Colima, dentro de la ciudad de Colima, México, con coordenadas (19°14'31.4"N 103°42'47.6"W). La ciudad está dividida en cinco zonas: centro, norte, oriente norte, oriente sur y sur, como se muestra en la figura 3.

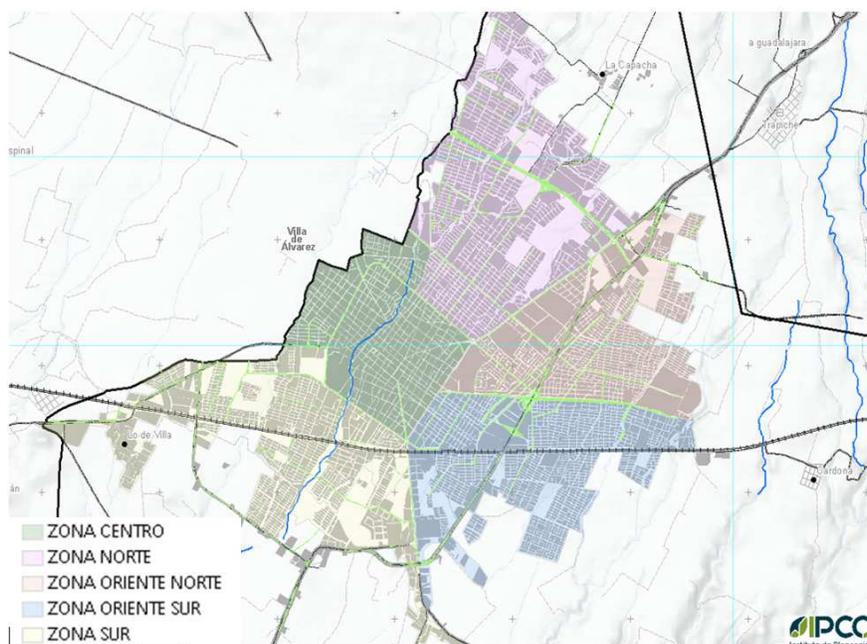


Figura 3 Recuperado IPCO (2021) Zonas que conforman a la ciudad de Colima.

3.3 Población y muestra

Una vez seleccionada la información y saber bajo qué criterios se trabajará, se inició con la selección de muestra dentro de la ciudad de Colima. Se requería obtener muestra de toda la ciudad, para eso se utilizó la división de la ciudad en cinco zonas, elaborada por IPCO (Figura 3). En cada zona se destinó un número de camellones seleccionados aleatoriamente, como se explicará más adelante, con la finalidad que los resultados sean confiables.

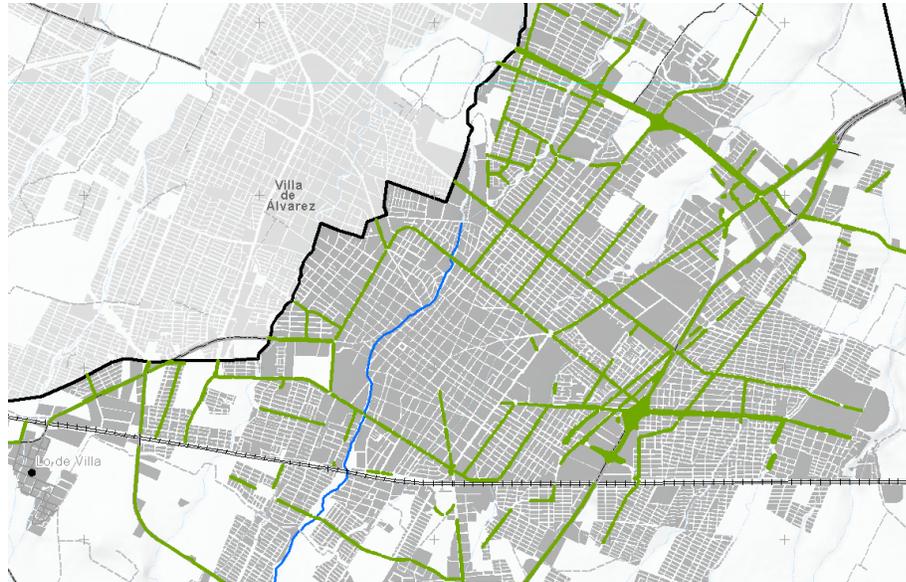


Figura 4 Recuperado IPCO (2021) Camellones que se encuentran dentro de la ciudad de Colima.

Una vez ubicado el área de estudio se seleccionó la población, para eso se obtuvo un documento del programa ARCGIS de todos los camellones de la ciudad de Colima georreferenciados y a escala por parte de IPCO, en donde las líneas o formas de color verde representa a los camellones como se puede observar en la figura 4.

Para tener más control con la información, se descargó la base de datos del archivo para obtener el ID, el área y zona de cada camellón como se muestra en la figura 5.

CAMELLONES					
	TIPO	ID	TIPO_1	AA	ZONA_1
	CAMELLON	14	PRUEBA	0.028384	CENTRO
	CAMELLON	170	PRUEBA	0.056716	CENTRO
	CAMELLON	173	PRUEBA	0.054393	CENTRO
	CAMELLON	182	PRUEBA	0.027456	CENTRO
	CAMELLON	183	PRUEBA	0.046196	CENTRO
	CAMELLON	184	PRUEBA	0.014355	CENTRO
	CAMELLON	186	PRUEBA	0.039514	CENTRO
	CAMELLON	190	PRUEBA	0.014725	CENTRO
	CAMELLON	192	PRUEBA	0.047166	CENTRO
	CAMELLON	194	MUESTRA 2	0.055588	CENTRO
	CAMELLON	199	PRUEBA	0.083477	CENTRO
	CAMELLON	205	PRUEBA	0.051571	CENTRO
	CAMELLON	208	MUESTRA	0.01012	CENTRO
	CAMELLON	211	PRUEBA	0.05407	CENTRO
	CAMELLON	220	PRUEBA	0.07345	CENTRO
	CAMELLON	227	MUESTRA	0.008825	CENTRO
	CAMELLON	233	MUESTRA 3	0.017151	CENTRO

Figura 5 Recuperado IPCO (2021) Datos sobre camellones de la ciudad de Colima.

La ciudad de Colima está conformada por 781 tramos de camellón, glorietas y remanentes, resultando un total de 53.14 hectáreas de superficie (PMAU, 2021) Por lo que, la población de estudio son 781 tramos de camellón y el arbolado que se encuentra dentro de los mismos. La muestra de los camellones se obtuvo a partir de una fórmula estadística que se muestra en la figura 6. La cual arrojó 93.03 camellones, por lo que se redondeó a 100 camellones como muestra de estudio.

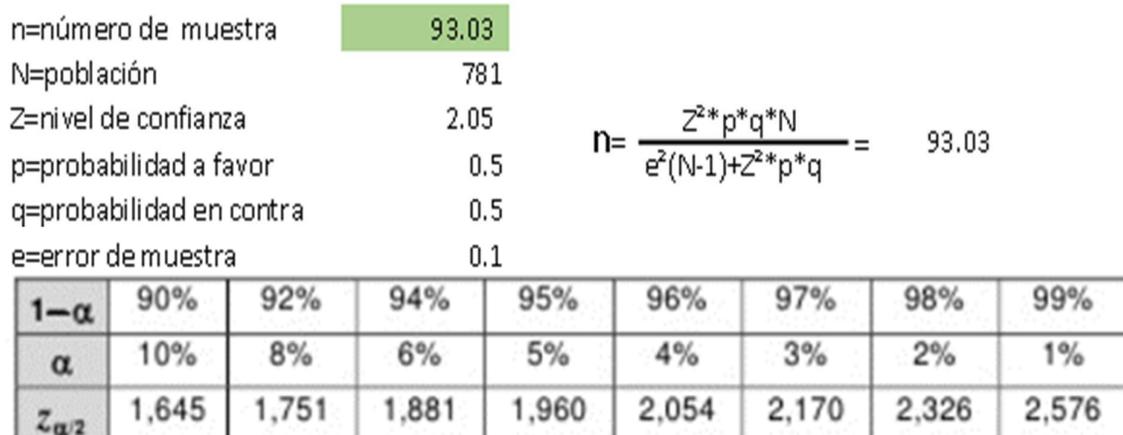


Figura 6 Elaboración propia (2021) Formula estadística para determinar el número de camellones a estudiar.

Una vez obtenida la información de los camellones se procedió con la selección aleatoria de la muestra, se utilizó una herramienta de selección la cual consistió en colocar todos los ID de cada zona como se muestra en la figura 7, posteriormente se colocó el valor de los 20 tramos de camellones a seleccionar por cada zona.

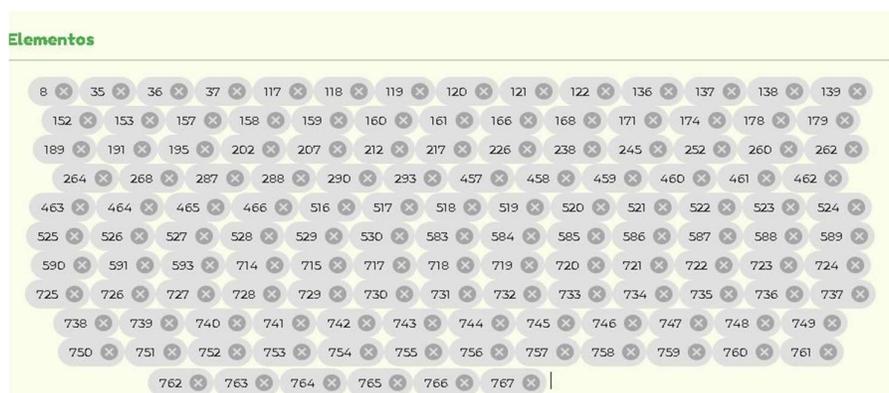


Figura 7 Recuperado de Échalo a la suerte (2021) Selección aleatoria de 100 camellones.

3.4 Determinación de variables

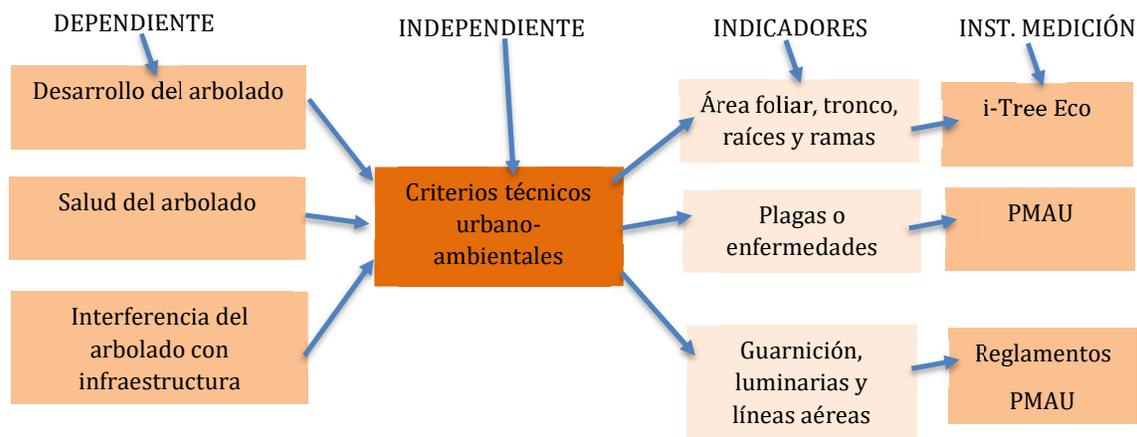


Figura 8 Elaboración propia (2022) Determinación de variables.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Antes de iniciar la recolección de datos, se registró la información de las coordenadas y el ID junto con las zonas correspondientes para tener un orden en el levantamiento de información, como se muestra en la tabla 2, y así agilizar el proceso de recolección de datos.

TABLA CON LA UBICACIÓN DE LOS CAMELLONES Y LA EXISTENCIA DE ARBOLADO				
ID de camellón	Zona	Existencia de vegetación		Coordenadas
		Si	No	
295	Centro	x		19°14'40.5"N 103°44'20.3"W
297	Centro	x		19°14'42.5"N 103°44'20.2"W
241	Centro	x		19°14'11.9"N 103°43'27.3"W
220	Centro	x		19°14'12.3"N 103°44'01.1"W
338	Centro	x		19°14'59.4"N 103°43'10.0"W
381	Centro	x		19°15'14.1"N 103°43'49.0"W
329	Centro	x		19°14'55.7"N 103°43'05.1"W
190	Centro	x		19°14'01.2"N 103°43'42.8"W
393	Centro	x		19°15'17.4"N 103°43'45.8"W
14	Centro	x		19°15'16.2"N 103°43'31.9"W

Tabla 2 Elaboración propia (2021) Tabla donde se expone/ordena/muestra la ubicación de los camellones y la existencia de arbolado.

Identificando los camellones se exportaron de ARCGIS a DWG para poder trabajar desde el programa de AutoCAD, en el cual se resaltan en color rojo y se indicó su ID (Figura 9), con el fin de que la persona correspondiente de cierta zona identifique fácilmente los camellones.

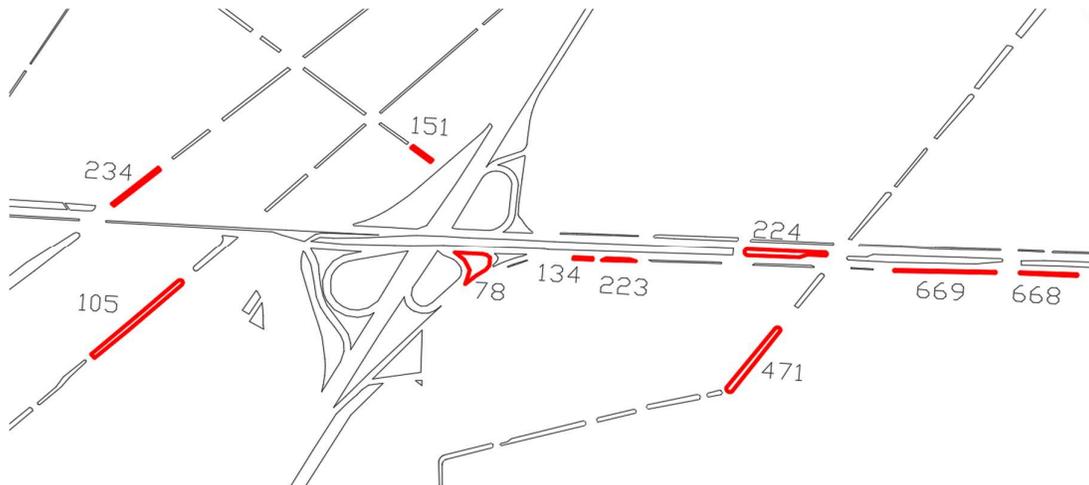


Figura 9 Elaboración propia (2021) Identificación de camellones.

Posteriormente, se procedió a adaptar cada camellón a una solapa para poder imprimirla en hoja doble carta. El siguiente instrumento sirve para levantar información del posicionamiento de las especies arbóreas que se encuentran dentro del camellón, así como identificar los daños creados por los mismos. El instrumento contiene dibujado el perímetro de cada tramo del camellón obtenido del archivo mencionado en la figura 9, este se forma en cada intersección que se crea en cruce de calle, el cual está cuadrículado para referenciar, donde cada cuadro representa 0.50x0.50 metros como se muestra en la figura 10, para posteriormente imprimirlo a escala 1:100 y poder hacer el levantamiento preciso.

	
Localización	
Ubicación	
Facultad: Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana	
Programa: Instituto Tecnológico de Colima	
Escala:	Fecha:
1:100	-
Leyenda:	
-	
Título de Trámite:	
ID CAMELLÓN:	
166	

Figura 10 Elaboración propia (2021) Instrumento para ubicar el arbolado, daños e infraestructura encontrada dentro del camellón.

Asimismo, se diseñó un instrumento para registrar los datos de los árboles y camellones para complementar la información a la par. En la figura 15 se muestra los datos necesarios para someterlos a la aplicación i-Tree Eco con la finalidad de obtener un registro del levantamiento, y a la vez obtener la información de los servicios ambientales que ofrece el arbolado estudiado, identificar la infraestructura dañada y verificar el valor económico que tiene dicho arbolado.

Para tener relacionado el instrumento de la figura 10 con el instrumento de la figura 15, se dejó un apartado para el ID del camellón, también se tiene un apartado para registrar el número del árbol en ambos instrumentos, y así se puede cotejar la información en caso de ser necesario.

En el primer apartado del instrumento de la figura 11 pide escribir el nombre común del árbol, o sea, nombre con el que se le conoce en la región. En seguida se pide escribir el ID del árbol o bien, el número correspondiente al árbol. También, se encuentra un espacio para notas en caso de tener dudas respecto al árbol o camellón, y en la fila siguiente se pide anotar el ancho del camellón en metros, éste se mide en los límites exteriores de la guarnición.

El siguiente apartado pide los datos del árbol; En el primer espacio se requiere escribir las referencias para poder localizar el árbol en caso de ser necesario, por lo tanto, es necesario

muestra en la figura 13. Cuente el número de lados que recibirán luz directa si el sol estuviera directamente encima del árbol. Por lo menos una tercera parte de la copa viva debe recibir luz plena para que califique un lado. Si sólo una mínima parte recibe luz, ese lado no califica. Utilice los siguientes códigos:

- -1: Árbol muerto.
- 0: El árbol no recibe luz plena por estar sombreado por árboles, enredaderas u otra vegetación.
- 1: El árbol recibe luz plena del lado superior o de 1 lateral.
- 2: El árbol recibe luz plena del lado superior y de 1 lateral (o 2 lados, pero no del superior).
- 3: El árbol recibe luz plena del lado superior y de 2 laterales (o 3 lados, pero no del superior).
- 4: El árbol recibe luz plena del lado superior y 3 laterales.
- 5: El árbol recibe luz plena del lado superior y 4 laterales.



Figura 13 Elaboración propia (2022) Indicadores para definir la luz de sol que recibe la copa.

La siguiente fila muestra los porcentajes de la copa faltante y la muerte regresiva, esto se puede registrar de la siguiente manera:

Dos personas deben medir la copa faltante, paradas en ángulos perpendiculares al árbol. Visualice la "silueta típica de la copa" esperada según la forma creada por las medidas del ancho, altura total y la altura hasta la base de la copa viva. Imagine esta silueta como una copa simétrica formada alrededor del punto central del ancho medido del árbol y llena con hojas como si fuera un árbol saludable y en excelente condición.

Ahora estime el porcentaje de follaje que está ausente debido a la poda, muerte, defoliación, copa dispareja, u hojas enanas o escasas. No incluye los vacíos normales al interior de las copas causados por el sombreado de las hojas. Tome en cuenta la forma natural de la copa para la especie en particular.

Asegúrese de estimar el porcentaje faltante basado en la copa existente que ya se midió. Una tercera parte de la copa pudo haber sido removida para el paso de cables de energía, o la copa puede ser muy asimétrica debido a la presencia de un árbol vecino. Sin embargo, la copa que queda puede tener un valor faltante de 0%, si la copa existente está llena.

Registre el porcentaje de copa faltante como:

- 0%
- 1% - 5%
- 5% - 10%
- 10% - 15%
- 15% - 20%
- 20% - 25%
- 25% - 30%

Para registrar la muerte regresiva se observa la condición de la copa como un indicio de la salud del árbol. Estas condiciones requieren que los usuarios registren la condición de los árboles como el inverso al porcentaje de la muerte. Por ejemplo, ramas muertas en la copa y base a eso se define el porcentaje como se muestra en la figura 14.

	ID	Description	% Muerte regresiva <=
	1	Excelente	0
	2	Buena	10
	3	Aceptable	25
	4	Mala	50
	5	Crítica	75
	6	Muriendo	99
	7	Muerto	100

Figura 14 Elaboración propia con información recuperada de i-Tree Eco (2021)

Descripción del estado del árbol respecto a porcentaje.

Para el caso, que el árbol se encuentre muerto, se registra de la siguiente forma:

Manualmente ingrese las opciones "por defecto" para los árboles muertos al ingresar los siguientes datos:

- Altura total del árbol: (Toma la medida real.)
- Altura hasta la cima viva: Ingrese -1
- Altura hasta la base de la copa: Ingrese -1
- Ancho de copa: Ingrese -1
- Porcentaje de copa faltante: Ingrese 100%
- Condición y porcentaje de muerte: Ingrese 100%
- Exposición a luz de la copa: Ingresar -1
- DAP: (Toma la medida real.)

Sólo se deben inventariar los árboles muertos que están de pie o inclinados. En lo posible se debe identificar el género y la especie.

En seguida se encuentra con el apartado de mantenimiento, en el cual se debe indicar el estado o condición del árbol, si fue plantado, si se encuentra en el sitio de forma natural o si se desconoce. Después se encontrará el mantenimiento recomendado que son las siguientes opciones:

Las siguientes recomendaciones de mantenimiento son opciones por defecto:

1. Ninguna
2. Árbol pequeño (rutina)
3. Árbol pequeño (inmediato)
4. Árbol grande (rutina)
5. Árbol grande (inmediato)
6. Preocupación crítica (seguridad pública)

En seguida encontramos la labor de mantenimiento, en donde vienen la necesidad de tareas específicas de prioridad para el árbol que son:

1. Ninguna
2. Poda de formación
3. Aclareo de copa
4. Elevación de copa
5. Reducción de copa
6. Remoción o derribo

7. Tratamiento de plaga o enfermedad
8. Limpieza de copa

Por último, se encuentra el apartado de la relación con el entorno, en este se verifican las interferencias que se tiene con las líneas aéreas que se clasifica como, no hay líneas (NL), presentes y sin conflicto potencial (PNPC) y Presentes y en conflicto (PC). También se pide con un SÍ o un NO en la interferencia en la guarnición, en luminarias en caso de ser conflictos potenciales o existentes se coloca SÍ y si no existen con un NO.

ESPECIE				ID (No. Árbol)					
Notas									
Ancho de camellón									
Datos del árbol	Referencias	Tramo							
		Clasificación		Centro	Borde	Jardinera	Otro		
	Alturas (m)				Copa (m)				
	Altura total		Altura de la copa viva		Altura de la base a la copa		Norte - Sur	Este - Oeste	
	Diámetro del tronco DAP (cm)								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	
	Exposición a la luz de la copa								
	-1 Árbol muerto	0 Árbol que no recibe luz	1 Árbol que recibe luz en un cuadrante	2 Árbol que recibe luz en dos cuadrantes	3 Árbol que recibe luz en tres cuadrantes	4 Árbol que recibe luz en cuatro cuadrantes	5 Árbol que recibe luz en cinco cuadrantes		
	%		Copa faltante						
			Muerte regresiva		Excelente 0	Buena 10	Aceptable 25	Mala 50	Crítica 75
Mantenimiento	Estado (condición)		P (Plantado)		I (Regeneración natural)		U (Desconocido)		
	Mantenimiento recomendado		1 Ninguno	2 Árbol pequeño (de rutina)	3 Árbol pequeño (atención inmediata)	4 Árbol grande (de rutina)	5 Árbol grande (de atención inmediata)	6 Atención prioritaria (árbol de alto riesgo)	
	Labor de mantenimiento		1 Ninguno	2 Poda de formación	3 Aclareo de copa	4 Elevación de copa	5 Reducción de copa	6 Remoción o derribo	7 Tratamiento plaga o enfermedad
Relación con el entorno	Interferencia	Líneas aéreas	NL Sin líneas aéreas		PNPC Presentes y sin riesgo potencial		PC Causando interferencia		
		Guarnición	SÍ				NO		
		Luminarias	SÍ				NO		

Figura 15 Elaboración propia con información recuperada de i-Tree Eco (2021)
Instrumento para recabar información específica del arbolado como ente individual.

Para lograr el levantamiento en el tiempo establecido se requirió de recursos humanos, el cual se conformó por 10 alumnos de la licenciatura en Arquitectura del Instituto Tecnológico de Colima, mismo en el que se encuentra la Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana.

El levantamiento se realizó en pares (2 personas) por zona, cada par se encargó de 20 tramos de camellones.

3.5.1 Técnicas de recolección de datos en campo

Para realizar el levantamiento de información se requirió de herramientas para facilitar la medición y obtención de información.

- Instrumentos impresos (Figura 10 y 15)
- Tabla sujeta documentos
- Bolígrafo o lapicera
- Cinta métrica topográfica
- Cámara fotográfica
- Pintura
- Plano o croquis del lugar con los ID de los camellones y coordenadas

Para el levantamiento de información en campo, se requirió generar una ruta de los camellones donde se siga un orden para realizar la ruta más corta y optimizar el tiempo.

Estando en el camellón se ubicó el arbolado dentro del instrumento de la figura 10, y a su vez, se marcaron con la pintura con su número correspondiente (figura 16), el primer árbol a ubicar inició respetando el sentido de la ruta generada, tomando la distancia del extremo del camellón al primer árbol con la ayuda de la cinta métrica, una vez obtenida la medida se reflejó en dicho instrumento utilizando la retícula que está a escala 1:100 para facilitar la ubicación del árbol en el dibujo del camellón, para saber que árbol es, se le colocó el número correspondiente a un lado del punto de referencia.

Orden para marcar el arbolado:

Norte - sur e izquierda – derecha.

Lugar:

A la altura del pecho;

Procurar la misma orientación;

Tamaño de números visible.

Si el tronco es pequeño, no marcar el árbol y hacer esa anotación en su ficha con una referencia de su ubicación.



Figura 16 Elaboración propia (2021) Muestra de la posición del número en el árbol.

Una vez marcado y ubicado el arbolado del camellón se procedió a tomar la información individual de cada árbol con la ayuda del instrumento de la figura 15. Es de suma importancia colocar el ID del camellón y el número del árbol que corresponda con el ID y número del arbolado del instrumento de la figura 10.

Cabe mencionar, para considerar un árbol se debe tomar en cuenta el Software i-Tree Eco, el cual considera que los árboles normalmente se definen como especies leñosas iguales a o mayores a 2.54 cm en el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) o 8 cm de circunferencia.

Auxiliares para identificación de especie en caso de no reconocerla en campo.

Tomar fotografía (figura 17).



Figura 17 Elaboración propia (2021) Ejemplo de fotografía para la identificación de especie.

Identificación de especies: Software de apoyo.

App iNaturalist

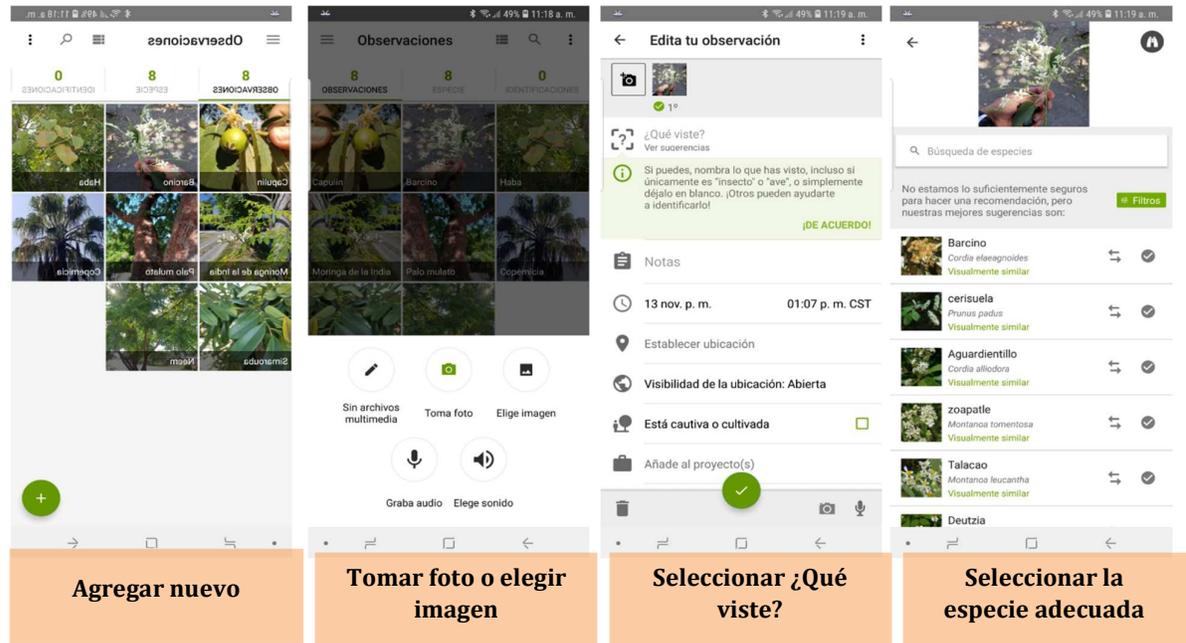


Figura 18 Recuperado en Inaturalist (2021) Pasos para identificar especies en Inaturalist.

Enciclovida

¿Cómo funciona la identificación de especies con sinónimos en enciclovida?

Es una plataforma web de consulta creada por la CONABIO, para conocer a las especies y grupos que viven en México. Integra información que la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha reunido a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB).

EncicloVida funciona gracias a la colaboración de investigadores mexicanos de una gran cantidad de instituciones académicas y financieras, a través de su participación en cientos de proyectos de la CONABIO desde 1992 y reúne otros contenidos conectándose a:



Figura 19 Recuperado en enciclovida (2021) Diagrama de información enciclovida.

Que para el tema de esta investigación funciona para encontrar las descripciones, nombres científicos, sinónimos y nombres comunes en distintos idiomas, facilitando la identificación de la especie.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Una vez levantada la información en el instrumento de la figura 10, se vació a los planos digitales en AutoCAD como se muestra en la figura 20. Esto con la finalidad de obtener las coordenadas del documento de AutoCAD que se encuentra georreferenciado.



Figura 20 Elaboración propia (2021) Instrumento digital para recabar la información levantada en campo.

Al obtener la información con el instrumento anterior se procedió a capturar en una base de datos de Excel las coordenadas y la información obtenida con el instrumento de la figura 15, como se puede observar en la figura 21.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
ID	CÓDIGO	x (Longitud)	y (Latitud)	Total	Copa Viva	De la base a	Norte -Sur	Este - Oeste	DAP 1 (cm)
1-721	TARO	632175.65	2124130.98	11.00	11.00	3.00	8.00	10.00	17.51
2-721	TARO	632155.08	2124094.42	10.00	10.00	4.00	9.00	9.00	19.10
1-583	TARO	633156.502	2125091.56	12.00	12.00	4.00	10.00	12.00	34.06
2-583	TARO	633156.384	2125087.1	7.00	7.00	1.80	8.00	10.00	17.51
3-583	TARO	633165.937	2125090.45	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.02
4-583	TARO	633175.235	2125085.1	8.00	8.00	2.00	7.00	10.00	21.33
5-583	TARO	633175.372	2125089.34	9.00	9.00	7.50	8.00	8.00	37.56
6-583	TARO	633184.332	2125088.33	8.00	8.00	2.30	7.00	8.00	37.56
7-583	SWHU	633184.723	2125087.66	9.00	9.00	2.50	10.00	12.00	47.75
8-583	TARO	633184.44	2125084.24	10.00	10.00	4.00	7.00	8.00	41.38

Figura 21 Elaboración propia (2021) Base de datos con información de los dos instrumentos.

En la figura anterior se registraron datos que requiere la aplicación i-Tree Eco, por ejemplo, el ID del arbolado el cual no debe repetirse, por lo tanto, el ID se diseñó mezclando el ID del camellón y el ID del arbolado con los que se registraron en los instrumentos utilizados en campo, se puede visualizar en la columna A de la figura 21, donde el primer número representa el árbol y el segundo número representa al tramo de camellón, de esa manera no se repetirá el ID. También se requiere el código de cada especie, dicho código se recupera de la aplicación i-Tree Eco, como se puede observar en la figura 22.

ID	Código	Nombre científico	Nombre común
2	FICLASS	Filicopsida	Fern class
3	GICLASS	Ginkgoopsida	Ginkgo class
4	LICLASS	Liliopsida	Lily class
5	MACLASS	Magnoliopsida	Hardwood
287	AB1	Abelia	abelia spp
289	AB3	Abutilon	Indian mallow spp
290	ACSP2	Acacia	acacia spp
292	AC	Acer	maple spp
297	AD1	Adansonia	adansonia spp
298	AD2	Adelia	wild lime spp
299	AD3	Adenanthera	beadtree spp

Figura 22 Recuperado de i-Tree Eco (2021) Lista de especies con código.

Una vez teniendo la base de datos en Excel completa se puede exportar a i-Tree Eco con la finalidad de obtener un informe con la siguiente información del arbolado estudiado; número de árboles, cobertura arbórea, especies más comunes, eliminación de la contaminación, almacenamiento de carbono, secuestro de carbono, producción de oxígeno, escurrimiento evitado y valores estructurales del arbolado. En la figura 23 se puede observar la metodología para obtener los datos de la herramienta i-Tree Eco.

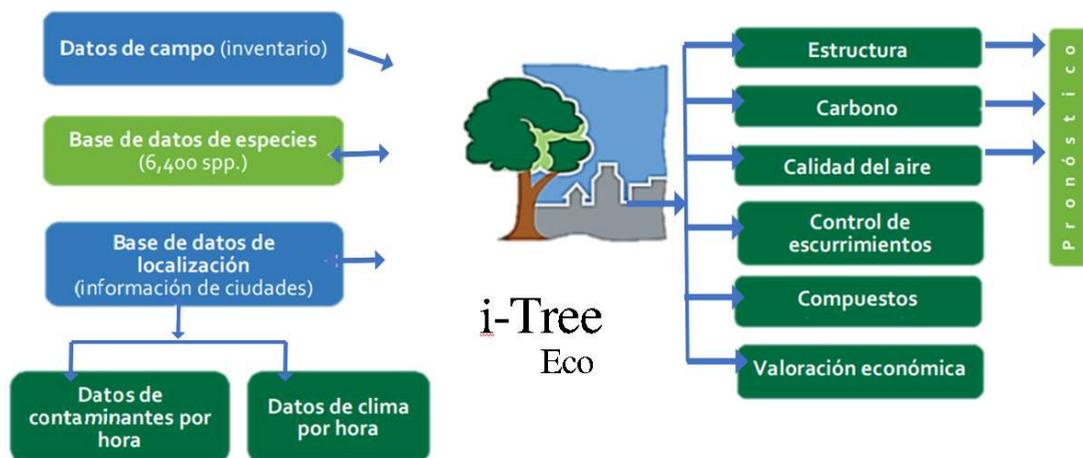


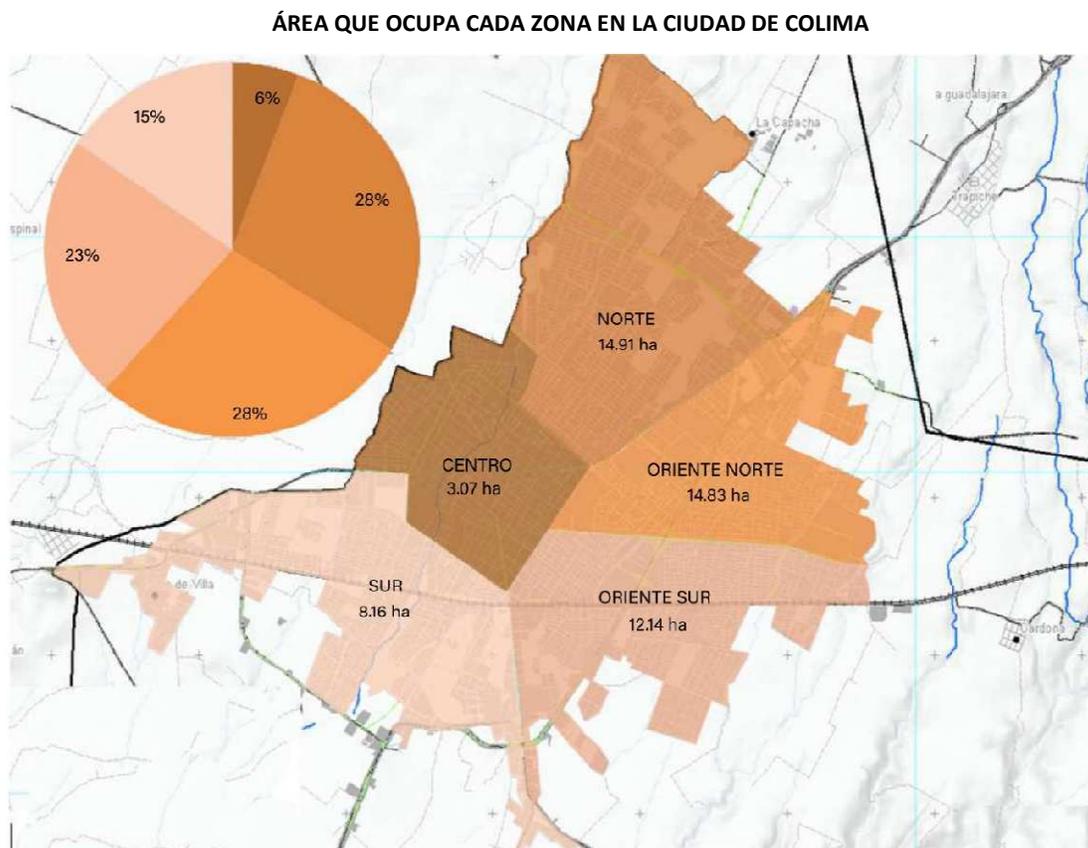
Figura 23 Elaboración propia a partir de i-Tree Eco (2021) Diagrama metodológico para uso del i-Tree Eco.

De la base de datos en Excel también se recuperó información sobre las interferencias en líneas aéreas, luminarias y guarniciones, en este caso se analizó por medio de gráficas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

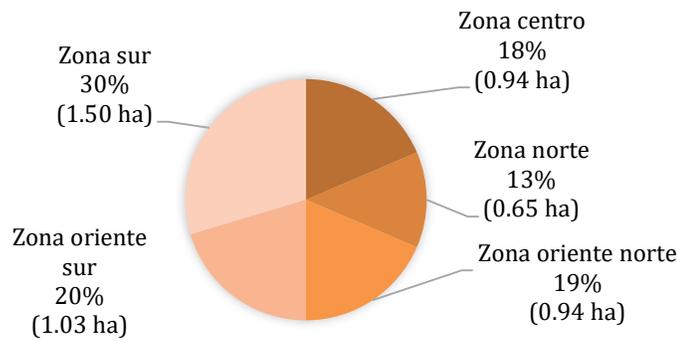
Entender la estructura, la función y el valor del bosque urbano puede promover las decisiones de manejo que mejorarán la salud humana y la calidad del medio ambiente. La evaluación de la estructura, la función y el valor de la vegetación del bosque urbano de las cinco zonas que componen a la ciudad de Colima se llevó a cabo en el año 2022. Los datos de 1306 árboles localizados a lo largo de estas zonas se analizaron usando el modelo i-Tree Eco desarrollado por el Servicio Forestal de EEUU, Estación de Investigación del Norte.

Las cinco zonas tienen tamaños diferentes, por ende, hay zonas con mayor número de camellones que otras, pero eso no determinó el área de la muestra de estudio debido que la selección de la muestra fue de forma estadística y aleatoria en el que arrojó áreas de estudios con variaciones de medidas. En la gráfica 1 y 2 se puede observar la comparativa de las hectáreas de cada zona.



Gráfica 1 Elaboración propia a partir del mapa de las zonas de la ciudad de Colima realizado por IPCO (2022) Área que ocupa cada zona en la ciudad de Colima.

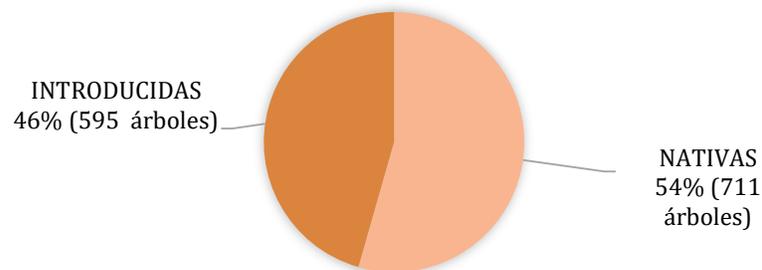
ÁREA DE LA MUESTRA DE ESTUDIO POR ZONA



Gráfica 2 Elaboración propia (2022) Área de la muestra de estudio por zona.

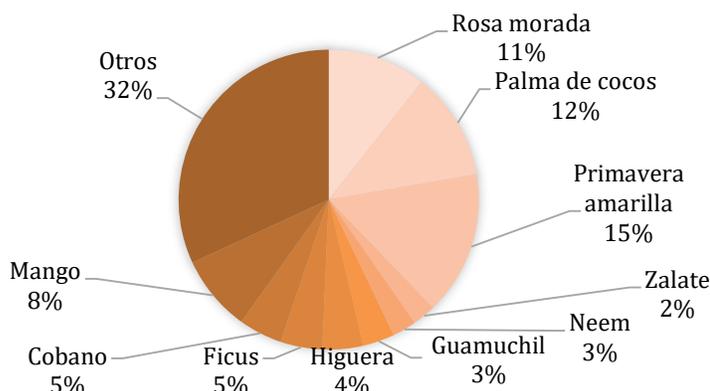
El bosque urbano que se encuentra en los camellones muestra de las cinco zonas está compuesto de una mezcla de especies de árboles nativos e introducidos. Por ello, a menudo tienen una diversidad de árboles que es más alta que la de los paisajes nativos que los rodean. La diversidad de especies puede disminuir el riesgo de contagios de plagas o enfermedades específicas de algunas especies, pero también puede presentar un riesgo para las plantas nativas si algunas de las especies introducidas son más competitivas desplazando a las especies nativas. Del análisis desarrollado en el i-Tree Eco se encontró que en los camellones de la muestra de estudio de la ciudad de Colima tienen 58 especies diferentes en donde 30 son nativas y 28 son introducidas (gráfica 3) en el cual los árboles más comunes son primavera amarilla (*Donnell-smithii*) siendo una especie nativa, Palma de cocos (*Cocos nucifera*) especie introducida y Rosa morada (*Tabebuia rosea*) especie nativa (gráfica 4), el listado completo se puede ver en (Anexo 1).

PROCEDENCIA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS ENCONTRADAS EN LOS CAMELLONES DE LA MUESTRA DE ESTUDIO



Gráfica 3 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Procedencia de las especies arbóreas encontradas en los camellones de la muestra de estudio.

PORCENTAJE DE ARBOLADO ENCONTRADO EN LOS CAMELLONES DE LA MUESTRA

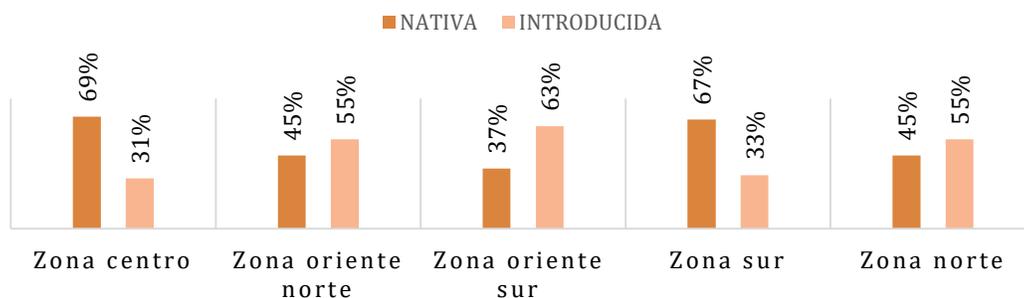


Gráfica 4 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Porcentaje de arbolado encontrado en los camellones de la muestra.

En comparación con los datos del bosque urbano completo del PMAU, “se obtiene que, de las 151 especies, 68 son nativas y 83 introducidas, siendo la Zona Norte la que posee mayor cantidad de especies nativas y la Zona Centro la que presentó más especies introducidas”. (2021, p.53). Por lo que en los camellones se tiene mayor porcentaje en especies introducidas en comparación con el resto de la ciudad.

En cuanto a la procedencia de especies por zona en el área de estudio, la zona centro fue la que tuvo más árboles de especies endémicas y en seguida se encuentra la zona sur (gráfica 5).

PROCEDENCIA DE ESPECIES POR ZONA

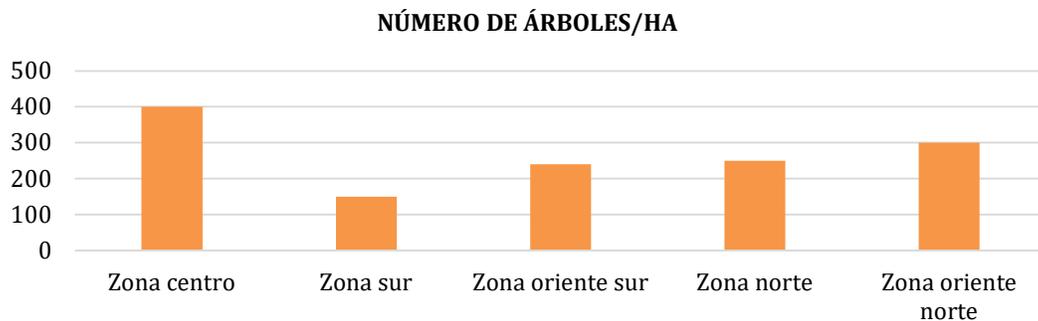


Gráfica 5 Elaboración propia (2022) Procedencia de especies por zona.

El arbolado urbano de los camellones brinda un sinnúmero de beneficios para la ciudad, es necesario intervenir y rescatar las especies endémicas para que los beneficios que brindan no se vean afectados negativamente para las futuras generaciones. Las especies endémicas son valiosas para la restauración ecológica y la reforestación. La arq. Sunashi Elizabeth Vázquez Arceo

tiene un artículo en proceso de publicación, nombrado “i-Tree Eco: Evaluación del arbolado urbano en la colonia Las Palmas, Colima”. En la investigación realizó un análisis en donde clasificó la procedencia del arbolado, la eliminación de contaminantes/año y las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) /año que produce el árbol, por ejemplo, el árbol Pingüica siendo especie nativa elimina 7.39kg de contaminantes/año y emite 0kg de COV/año, la Rosa morada elimina 14kg de contaminantes/año y emite 0kg de COV/año. Según la Onu Habitat (2019) Un árbol maduro puede absorber hasta 150 kg de gases contaminantes por año (párr. 3) Otros árboles nativos que eliminan más contaminantes de lo emiten son el Cóbano que elimina 7.52kg contaminantes/año y emite 0.20kg de COV/año, la Parota elimina 63.33kg y emite 5.60kg, el Olivo negro que elimina 5.82kg y emite 3.70kg de COV.

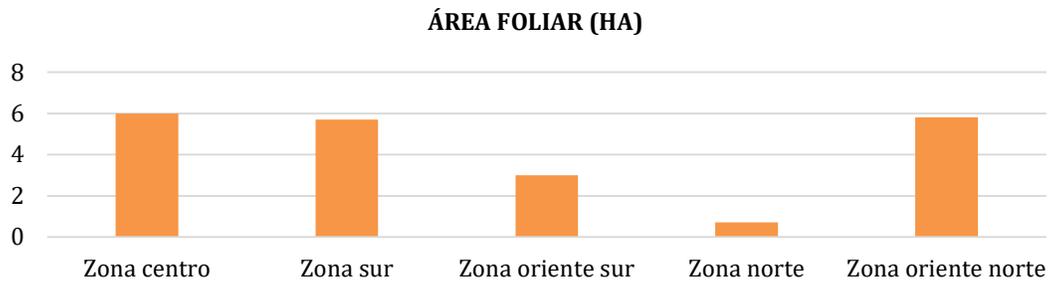
También se encuentran árboles nativos que emiten más COV que contaminantes eliminados, por ejemplo, el Guayabo elimina 1.28kg de contaminantes/año y emiten 4.20kg de COV/año, al igual se encuentran especies introducidas que emiten más de lo que eliminan, la Palma cocotera elimina 4.18kg contaminantes/año y emite 11kg de COV/año. Es decir, teniendo las especies adecuadas dentro la ciudad brindarán mayores beneficios ambientales, sociales y económicos y entre más densidad arbórea exista mayores los beneficios. La densidad general en las cinco zonas es de 260 árboles/hectárea considerando solo el área de los camellones de la muestra. Las densidades más altas de árboles en las cinco zonas suceden en la zona centro seguido por zona oriente norte y zona norte, (gráfica 6).



Gráfica 6 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Número de árboles/ha.

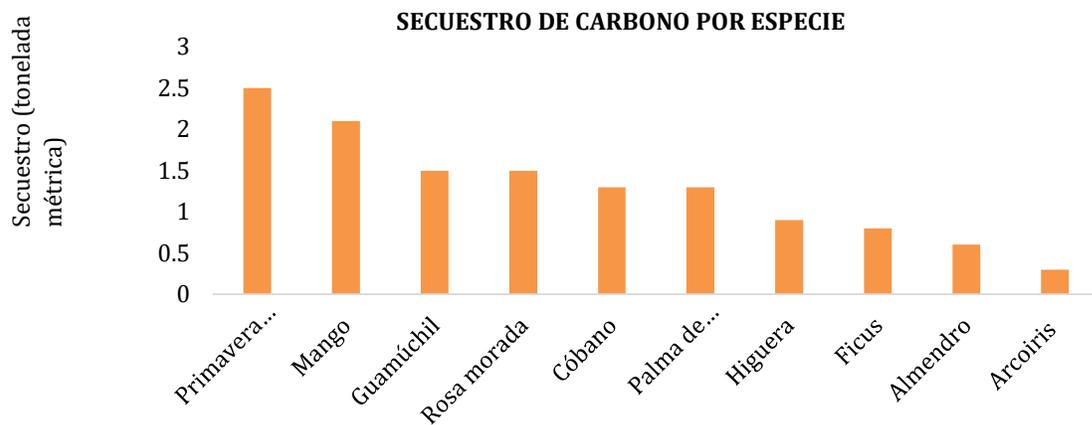
Muchos beneficios de los árboles corresponden directamente con la cantidad de área superficial saludable de las hojas de los árboles. En los camellones, el arbolado cubre el 140 % del área total de las cinco zonas y proporcionan 20.37 hectáreas del área de las hojas siendo que el área

total de los camellones de la zona de estudio son 5.06 hectáreas, el área total de las hojas es cuatro veces mayor. El área total de las hojas es mayor en la zona centro seguido por zona oriente norte y zona sur (gráfica 7). A pesar de que la zona centro es la que tiene mayor arbolado/hectárea, es la que menor número de camellones tiene. Una de las razones del porcentaje alto es que los camellones de la zona centro fueron de los primeros construidos en la ciudad, por lo cual contiene el arbolado con mayor edad y densidad arbórea.



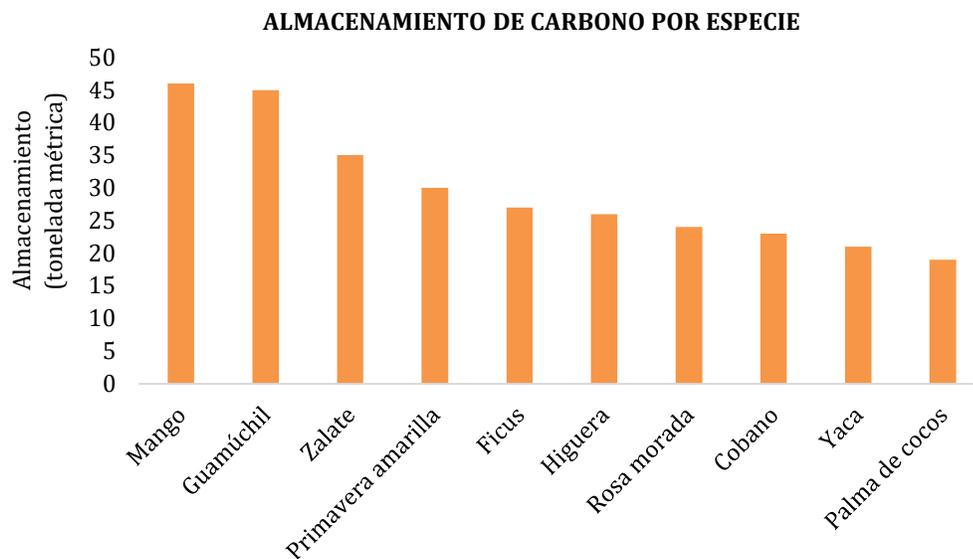
Gráfica 7 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Área foliar (ha).

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera al secuestrar el carbono en el crecimiento nuevo cada año. La cantidad de carbono secuestrada anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles, lo cual está relacionado directamente con las 2 gráficas anteriores, entre más hojas o follaje tenga el árbol mayor será el secuestro de carbono. El secuestro bruto de las cinco zonas gracias al arbolado de los camellones es casi 16.2 toneladas métricas del carbono por año con un valor asociado de Mex\$59.7 mil. (gráfica 8)



Gráfica 8 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Secuestro de carbono por especie.

El almacenamiento de carbono es otra manera en la que los árboles pueden influenciar el cambio climático global. Conforme un árbol crece, almacena más carbono sujetándolo en sus raíces, ramas y tronco. Demostrando la importancia de mantener los árboles saludables y con desarrollo óptimo, para evitar que muera y se descomponga liberando la mayor cantidad de carbono que almacenó durante su vida. Se calcula que los árboles de las cinco zonas almacenan 395 toneladas de carbono (Mex\$1.46 millón). De las especies muestreadas, el mango almacena la mayor cantidad de carbono aproximadamente 13.8% del total de carbono almacenado y la primavera secuestra la mayor cantidad, aproximadamente 15.2% de todo el carbono secuestrado. (grafica 9).



Gráfica 9 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Almacenamiento de carbono por especie.

Para tener un punto de comparación estos árboles estudiados equivalen a la eliminación de emisiones anuales de carbono de 308 automóviles y a la eliminación de emisiones anuales de 126 viviendas unifamiliares.

A su vez, el oxígeno anual de producción de un árbol está directamente relacionada con la cantidad de carbono secuestrado por el árbol, la cual está vinculada con la acumulación de biomasa del árbol, por lo tanto, se calcula que los árboles de los camellones de la muestra de estudio de las cinco zonas producen 47.95 tonelada métrica de oxígeno al año. En seguida se puede observar las 20 especies encontradas en la muestra de estudio más productoras de oxígeno (tabla 3).

Especie	Oxígeno (tonelada métrica)	Secuestro bruto de carbono (kilogramo/año)	Número de árboles	Área foliar (hectárea)
Roseodendron donnell-smithii	7.27	2,725.60	203	2.84
Mangifera indica	6.04	2,265.22	107	3.10
Pithecellobium dulce	4.37	1,640.22	45	1.74
Tabebuia rosea	4.36	1,636.01	138	1.45
Cocos nucifera	3.77	1,415.42	153	0.25
Swietenia humilis	3.77	1,412.60	62	1.06
Ficus insipida	2.70	1,011.39	57	1.72
Ficus benjamina	2.36	886.73	59	1.48
Terminalia catappa	1.96	735.44	26	0.32
Talipariti tiliaceum v. rubra	0.90	336.17	18	0.46
Azadirachta indica	0.84	315.73	34	0.44
Bucida buceras	0.84	314.22	17	0.21
Bursera simaruba	0.73	272.83	27	0.80
Archontophoenix cunninghamiana	0.71	266.90	14	0.03
Roystonea regia	0.66	246.75	11	0.02
Enterolobium cyclocarpum	0.61	229.57	13	0.58
Citrus aurantium	0.46	172.88	29	0.04
Swietenia macrophylla	0.41	153.30	9	0.17
Cedrela odorata	0.38	144.36	4	0.09
Ehretia tinifolia	0.38	141.09	18	0.11

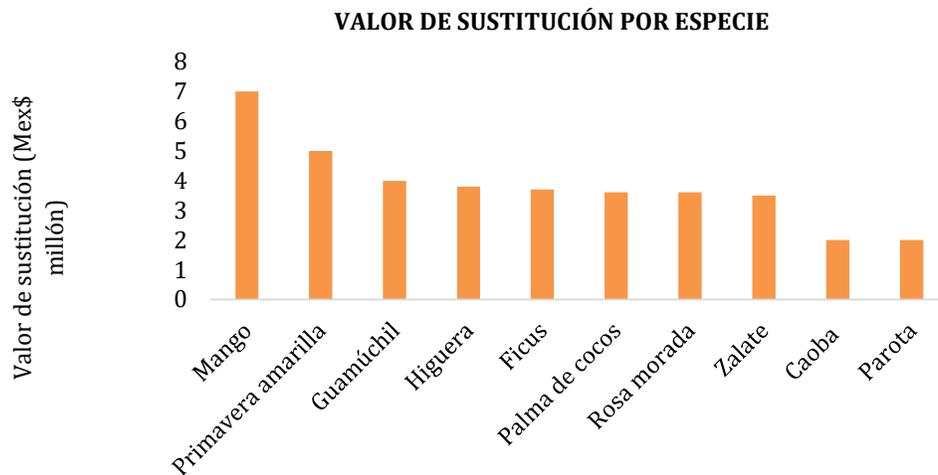
Tabla 3 Recuperado del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Especies más productoras de oxígeno.

Otro factor estudiado es el escurrimiento evitado, al evitar escurrimientos existirán menos inundaciones en temporada de lluvias y a su vez permitirán una mayor permeabilidad del agua al subsuelo alimentando los mantos freáticos. Los árboles y matorrales de los camellones de las cinco zonas ayudan a reducir el escurrimiento por casi 839 metros cúbicos al año con un valor asociado de Mex\$38 mil. El escurrimiento evitado se calcula en base al estado del tiempo de la localidad de la estación meteorológica. (Grafica 10)



Gráfica 10 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Escorrimento evitado por especie.

Los bosques urbanos tienen un valor de sustitución basado en los mismos árboles (p. ej., el costo de tener que reemplazar un árbol con otro similar); también tienen valores funcionales (ya sea positivos o negativos) basados en las funciones que desempeñan los árboles. Los valores funcionales son los que se mencionaron anteriormente, como el escurrimiento evitado, secuestro y almacenamiento de carbono, entre otras cosas. Por lo tanto, el valor de sustitución está directamente vinculado con los valores funcionales porque tiende a subir cuando aumenta el número y tamaño de los árboles saludables, es por eso que los árboles de los camellones de la muestra de estudio tienen un valor de sustitución de Mex\$45.8 millón. En la siguiente gráfica se puede observar el valor de sustitución que tienen algunas de las especies encontradas en los camellones de la muestra de estudio.



Gráfica 11 Elaboración propia a partir del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Valor de sustitución por especie.

Existen especies dentro de los camellones que brindan mayores beneficios que otras tanto por la cantidad y su área foliar, para ello se calculan los valores de importancia (IV) como la suma del porcentaje de la población y porcentaje del área de las hojas. Pero eso no quiere decir que estas especies son las indicadas para el camellón, por decir, el estudio arroja que la especie más dominante en términos de área de las hojas son la primavera, Mango, y Rosa morada, pero el Mango es una especie grande afectando directamente a la infraestructura que se encuentra en su contexto inmediato, y que terminan podándolos para evitar más interferencias (figura 24). A continuación, se muestran otros ejemplos de especies importantes para los beneficios naturales pero que afectan a la infraestructura (tabla 4).

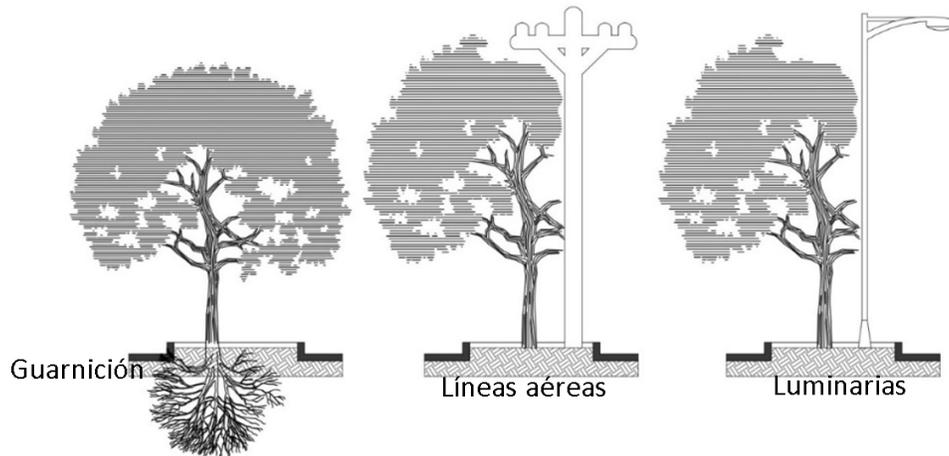


Figura 24 Elaboración propia (2022). Diferentes interferencias del arbolado con la infraestructura de los camellones.

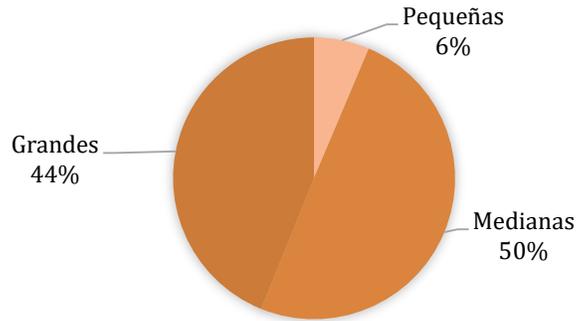
ESPECIES QUE PROPORCIONAN MAYOR ÁREA FOLIAR EN LOS CAMELLONES DE LA MUESTRA DE ESTUDIO				
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	% POBLACIÓN	% ÁREA DE HOJAS	IV
<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Primavera amarilla	15.5	13.9	29.5
<i>Mangifera indica</i>	Mango	8.2	15.2	23.4
<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada	10.6	7.1	17.7
<i>Cocos nucifera</i>	Palma de cocos	11.7	1.2	12.9
<i>Ficus insipida</i>	Higuera	4.4	8.4	12.8
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	3.4	8.5	12.0
<i>Ficus benamina</i>	Ficus	4.5	7.3	11.8
<i>Swietenia humillis</i>	Cóbano	4.7	5.2	9.9
<i>Ficus cotinifolia</i>	Zalate	2.5	5.7	8.1
<i>Busera simaruba</i>	Papelillo	2.1	3.9	6.0

Tabla 4 Recuperado del análisis realizado en i-Tree Eco (2022) Especies que proporcionan mayor área foliar en los camellones de la muestra de estudio.

El PMAU contiene un listado de especies que catalogan por su tamaño y el área donde pueden ser plantados, por ejemplo; las especies de categoría grande deben plantarse en espacios abiertos o sin infraestructura cerca, o bien, con franjas de tierra mayores a 5 metros, las especies medianas pueden plantarse en camellones con una medida mayor a 2 metros y las especies pequeñas pueden plantarse en camellones mayores a 0.70 metros.

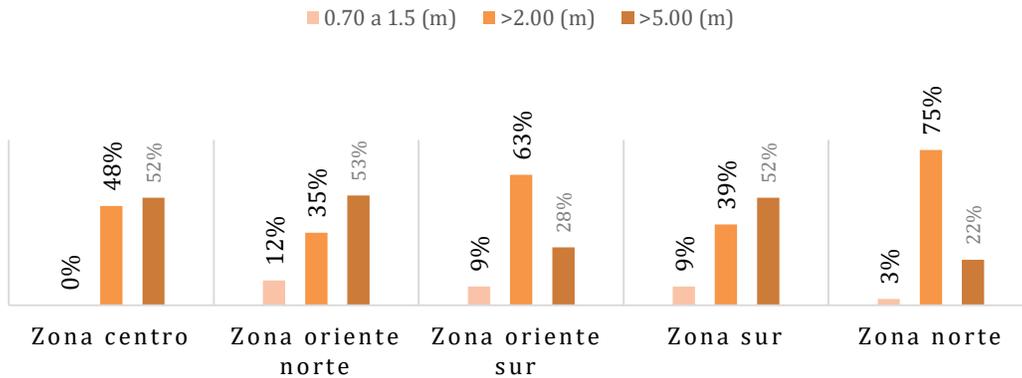
Con el levantamiento de la información de las cinco zonas y con ayuda del PMAU se obtuvo el número de árboles conforme a su categoría de tamaño, en donde se encontraron 573 árboles grandes, 650 medianos y 83 pequeños (gráfica 12).

PORCENTAJE DEL TAMAÑO DE ESPECIE ENCONTRADA EN LOS CAMELONES DE LA MUESTRA DE ESTUDIO



Gráfica 12 Elaboración propia (2022) porcentaje del tamaño de especie encontrada en los camellones de la muestra de estudio.

TAMAÑO DE ESPECIES POR ZONA

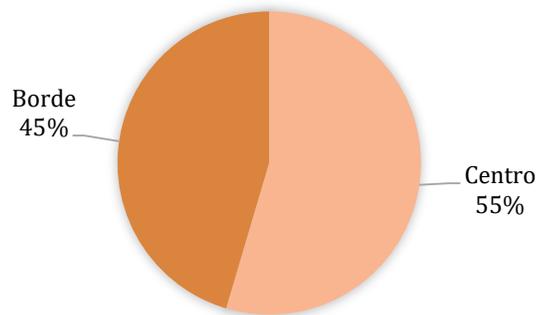


Gráfica 13 Elaboración propia (2022) Tamaño de especie por zona.

La información de la gráfica anterior demuestra que el 44% del arbolado estudiado no corresponde al área de tierra que necesita para su correcto desarrollo, una de las principales causas de los daños a la infraestructura, las clases diamétricas superiores se encuentran dominadas por especies como el hule (*Ficus elástica*) con un DAP promedio de 82.59 cm, la higuera (*Ficus insipida*) con un promedio de DAP de 77.96 cm, el camichín (*Ficus padifolia*) con un DAP promedio de 66.65 cm y la parota (*Enterolobium cyclocarpum*) con un DAP promedio de 65.54 cm. Estas especies requieren atención por ser susceptibles a desprendimientos de raíces, troncos y tallos, volviendo vulnerables a la población que vive o transita alrededor de ellas. Por otro lado, se observa que la Zona Norte es la que más individuos jóvenes y con diámetros inferiores contiene, sobre todo en los tramos de camellón, y en cuanto a la zona Centro es la que más individuos de tallos grandes contiene. (PMAU, 2021, p. 61).

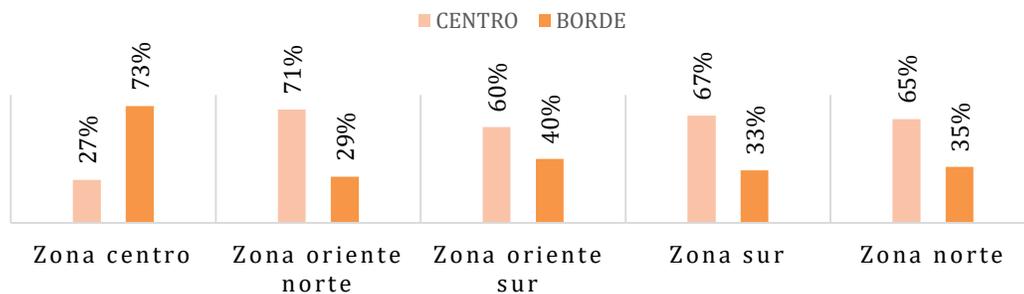
Otro factor importante a considerar es la posición del arbolado al interior del camellón, muchas de las veces el árbol coincide con la categoría de tamaño y la medida del camellón adecuada, sin embargo, el árbol se encuentra mal posicionado, por ejemplo; el camellón tiene 3 metros de ancho y el árbol solo ocupa 2 metros para su correcto desarrollo, pero se encuentra plantado a 0.60 metros de la guarnición, corriendo el riesgo de dañar la infraestructura. En seguida se muestra la gráfica 14 con el porcentaje de árboles plantados al centro y borde de los camellones en las cinco zonas y en la gráfica 15 se muestra la posición del arbolado por zona.

POSICIÓN DEL ARBOLADO DENTRO DEL CAMELLÓN



Gráfica 14 Elaboración propia (2022) Posición del arbolado dentro del camellón.

POSICIÓN DE ARBOLADO POR ZONA



Gráfica 15 Elaboración propia (2022) Posición de arbolado por zona.

También se puede relacionar que en algunos casos los daños a la infraestructura de los camellones son causada por arbolado de edad avanzada, en la figura 25 se muestra un mapa de la ciudad de Colima con el crecimiento que ha tenido desde el año 1985 a la actualidad, se generó este mapa con la finalidad de saber el crecimiento en las diferentes zonas de la ciudad y tener un estimado de la edad de las especies establecidas en los camellones.

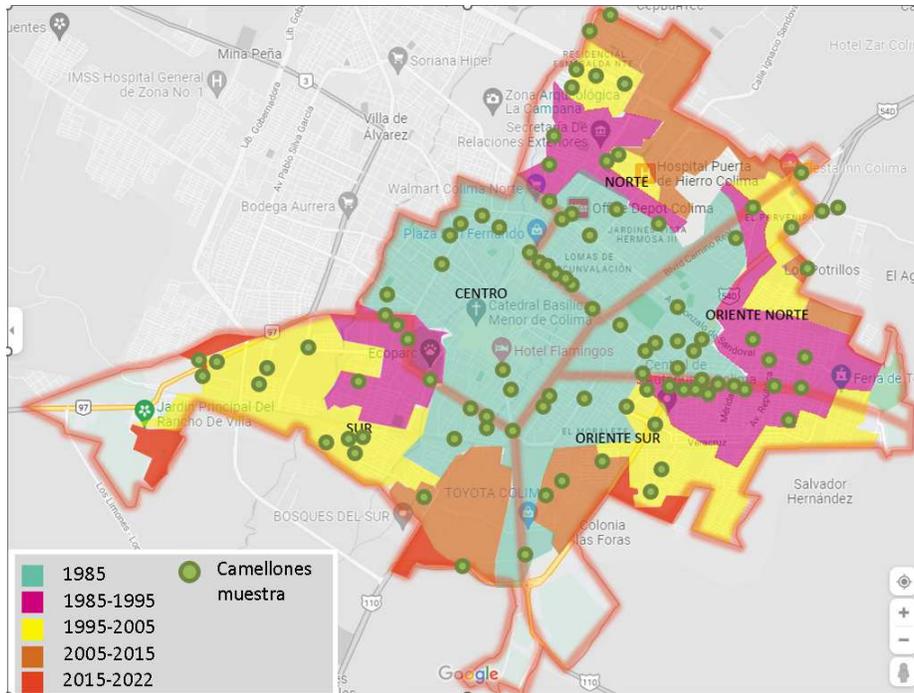
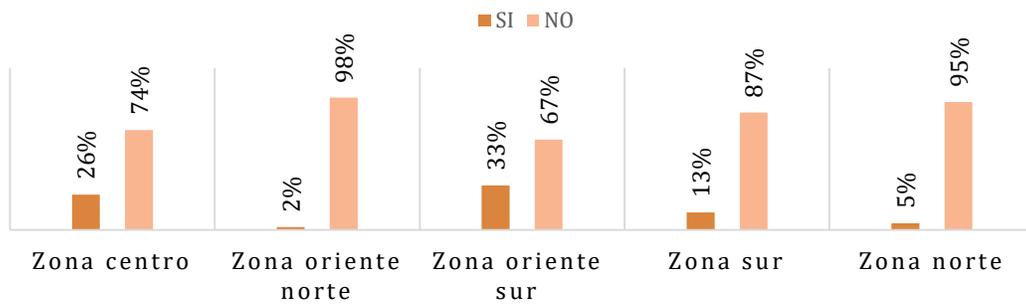


Figura 25 Elaboración propia (2022) Mapa del crecimiento de la ciudad de Colima desde el año 1985 al 2022.

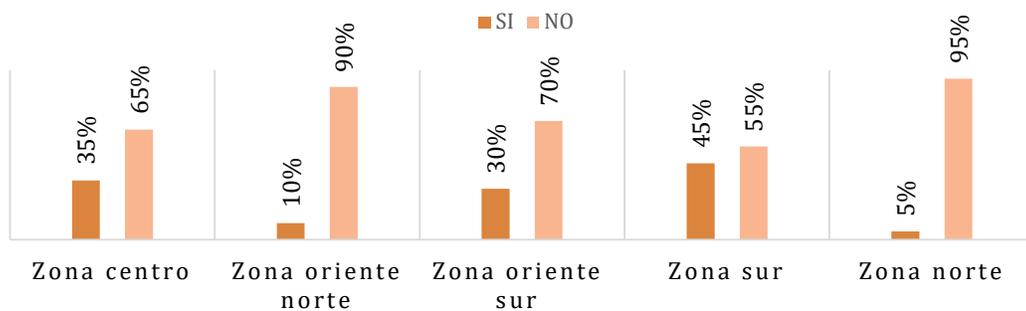
Los camellones de la muestra de estudio de la zona centro se encuentran dentro del área más antigua, similar sucede con la zona oriente sur, se encuentra la muestra en las áreas consolidadas desde antes del año 1985 hasta 2005, teniendo una traza urbana con camellones y arbolado de 17 años o más en su mayoría, por lo tanto, se relaciona con la presencia de daños de la guarnición en estas zonas (gráfica 16) y se distribuyen en los camellones con un porcentaje considerable (gráfica 17) siendo de las zonas con mayor número de camellones dañados. Hay que considerar que esto puede variar dependiendo el ancho de los camellones, tamaño de especies y posición del árbol. Por ejemplo, la zona oriente norte cuenta con gran cantidad de camellones dentro de las zonas más antiguas, pero según la gráfica 13, cuenta en su mayoría con especies pequeñas y medianas, y el arbolado se encuentra mayormente plantado al centro, por ende, aunque el arbolado sea viejo será menos probable que dañe la infraestructura. También considerar que puede haber mayor cantidad de árboles causantes de daños en una zona, pero concentrados en pocos camellones, por ejemplo, la zona sur tiene bajo porcentaje en número de árboles de estas características, pero tiene alto porcentaje en el número de camellones con problemas en su guarnición.

ARBOLADO CON INTERFERENCIAS EN GUARNICIÓN



Gráfica 16 Elaboración propia (2022) Arbolado con interferencias en guarnición.

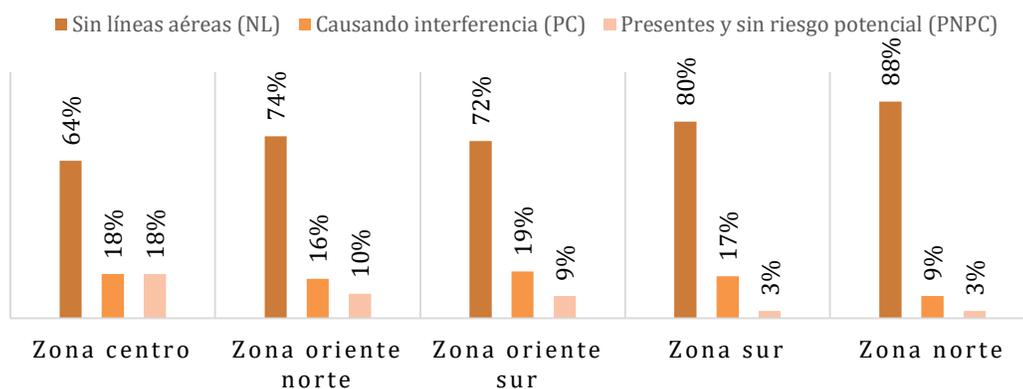
CAMELLONES CON INTERFERENCIAS EN GUARNICIÓN



Gráfica 17 Elaboración propia (2022) Camellones con interferencias en guarnición.

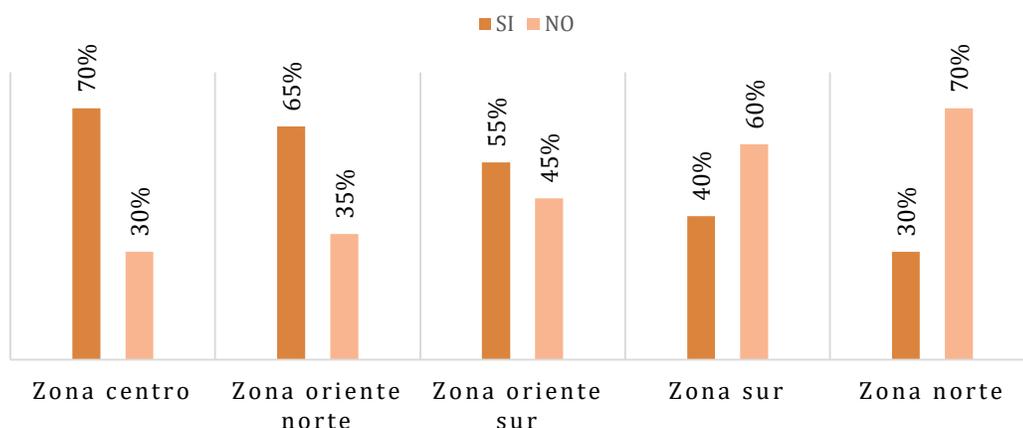
En el caso de los daños hacia las líneas aéreas influye la presencia sobre camellones y el tamaño de especie. Según el análisis realizado con el levantamiento de información, el 66% de los camellones estudiados de las cinco zonas contienen líneas aéreas, en donde el 16% tiene líneas aéreas sin interferencias, el 34% no tiene líneas aéreas y el 50% tiene líneas aéreas con interferencias. En el caso de la zona oriente sur es la que presenta mayor número de árboles que interfieren en las líneas aéreas y en seguida se encuentra la zona centro (gráfica 18), relacionándose fuertemente con los resultados de la gráfica 13, siendo las más afectadas por las especies grandes. Las zonas que contienen mayor número de camellones con interferencias en líneas aéreas también son la zona centro y oriente sur (gráfica 19).

ARBOLADO CON INTERFERENCIAS EN LÍNEAS AÉREAS



Gráfica 18 Elaboración propia (2022) Arbolado con interferencias en líneas aéreas.

CAMELLONES CON INTERFERENCIAS EN LÍNEAS AÉREAS



Gráfica 19 Elaboración propia (2022) Camellones con interferencias en líneas aéreas.

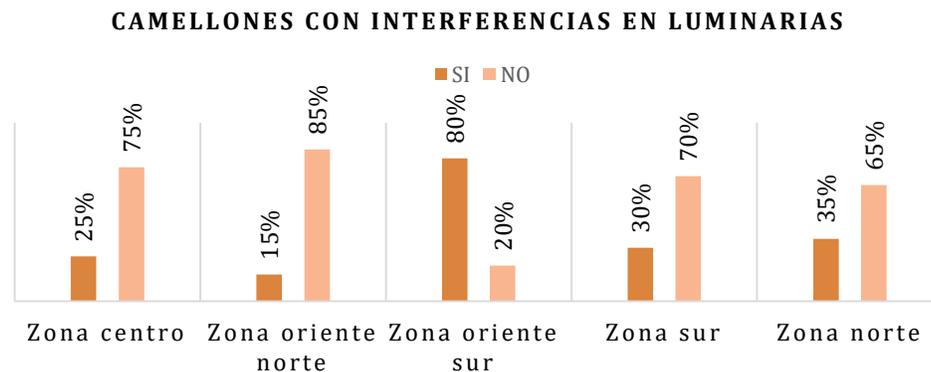
Las luminarias las diseñan con propósitos diferentes para tener un flujo luminoso adecuado dependiendo de los obstáculos que se le podrías presentar, la iluminación nocturna tiene la función de permitir el uso de los espacios públicos de noche, y por ello, interactúa con los diferentes elementos urbanos que componen el espacio público.

Según el Manual de Elementos Urbanos Sustentables (2017), las luminarias de media y gran altura son utilizadas para iluminar recorridos y circulaciones principales, así como áreas de estar en el espacio público; luminarias de piso, baja altura o empotradas en el mobiliario, pueden ser utilizadas para iluminar senderos

y caminos, o destacar elementos del paisaje, como mobiliario urbano y vegetación. La iluminación provista por luminarias de media o gran altura puede ser interceptada por la vegetación, produciendo sombra. Una buena iluminación requiere considerar para su ubicación un distanciamiento adecuado entre las luminarias y los árboles, además del crecimiento futuro que tendrán las especies vegetales. (p.37)

Las luminarias que se encuentran dentro de los camellones regularmente son de una sola tipología y altura sin respetar la función que ésta debe cumplir por el tipo de espacio a iluminar.

En los camellones se encontró que el 29% de los camellones estudiados cuentan con interferencias en las luminarias en donde claramente se observa que la mayor parte se presentan en la zona oriente sur (gráfica 20). Una de las razones podría ser que es la zona con mayor número de luminarias, según el Inventario Nacional de Viviendas 2016 la zona oriente sur de la ciudad de Colima tiene 586 postes para iluminar, la zona oriente norte tiene 481, zona centro 384, zona sur 319.



Gráfica 20 Elaboración propia (2022) Camellones con interferencias en luminarias.

Los resultados anteriores demuestran la importancia de homologar los criterios técnicos urbano-ambientales para los camellones, dichos criterios al obtenerlos en un mismo documento son más fácil para los ciudadanos y autoridades gestionar el arbolado de la ciudad. A continuación, se muestra la propuesta de criterios a homologar los cuales se obtuvieron por reglamentos y PMAU de la ciudad de Colima.

El listado de criterios anterior ayudaría a diseñar la ciudad de Colima de forma más sustentable, pero aun así se podría mejorar con instrumentos de otros estados o países, por ejemplo,

considerar dentro del listado un manual que especifique a detalle el tipo de luminarias que debe llevar dependiendo el contexto. El Manual de Elementos Urbanos Sustentables Tomo-III (2017) tiene como objetivo ser un documento de referencia y consulta para técnicos y profesionales que se desempeñan en la planificación de proyectos de espacio público en Chile, del cual se puede rescatar la técnica que utilizan para la gestión de luminarias en espacios públicos para no generar sombras a causa del mal posicionamiento de la luminario o arbolado. (figura 26)

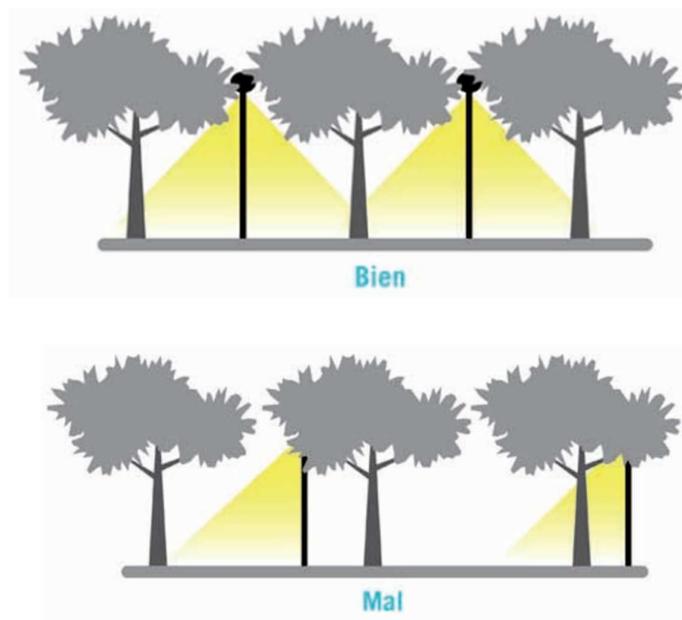


Figura 26 Recuperado del Manual de Elementos Urbanos Sustentables (2017). Ejemplo de técnicas utilizadas en el manual.

Al igual se pueden mejorar ciertos criterios que se consideraron en la tabla anterior, por ejemplo, el listado de especies que recomienda el Reglamento de Parque y Jardines del Municipio de Colima del anexo 2, son consideradas para las diferentes dimensiones de banquetas, tramos de camellón y unas cuantas para espacios abiertos que puedan existir dentro de la traza vial y las áreas verdes públicas, pero no consideran si la especie es nativa o introducida, para ello se realizó un listado de especies nativas que se consideran aptas para los camellones debido a la franja de tierra que necesitan siguiendo los criterios del PMAU (Tabla 5), dicha lista se extrajo de la tabla del anexo 1.

LISTA DE ESPECIES PROPUESTA PARA LOS CAMELONES DE LA CIUDAD DE COLIMA			
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	PROCEDENCIA	FRANJA DE TIERRA
Simarouba glauca	ACEITUNA	Nativa	>1.5
Ceiba aesculifolia	ALGODONCILLO	Nativa	>2.00
Cordia sebestena	ANACAHUITA	Nativa	>1.00
Cordia elaeagnoides	BARCINO	Nativa	>1.5
Muntingia calabura	CAPULÍN	Nativa	>2.00
Swietenia humilis	CÓBANO	Nativa	>2.00
Fraxinus uhdei	FRESNO	Nativa	>2.00
Leucaena leucocephala	GUAJE	Nativa	>2.00
Psidium guajava	GUAYABO	Nativa	>2.00
Prosopis juliflora	MEZQUITE	Nativa	>2.00
Byrsonima crassifolia	NANCE	Nativa	>2.00
Bucida buceras	OLIVO NEGRO	Nativa	>2.00
Brahea dulcis	PALMA DULCE	Nativa	>2.00
Albizia tomentosa	PAROTILLA	Nativa	>2.00
Ehretia tinifolia	PINGÚICA	Nativa	>2.00
Tabebuia rosea	ROSA MORADA	Nativa	>2.00
Sabal mexicana	SABAL	Nativa	>2.00

Tabla 5 Elaboración propia (2022) lista de especies propuesta para los camellones de la ciudad de Colima.

5. CONCLUSIÓN

La investigación realizada determina que, los criterios técnicos encontrados en el PMAU, Reglamento de Parques y Jardines de la Ciudad de Colima, Reglamento de Construcción para el Municipio de Colima y en el Reglamento de Zonificación del Municipio de Colima facilitaron la elaboración de instrumentos como el instrumento para ubicar el arbolado, daños e infraestructura encontrada dentro del camellón y el instrumento para recabar información específica del arbolado como ente individual (figura 10 y 15), permitieron evaluar por medio de datos cuantitativos y cualitativos del arbolado y camellones, por lo que, se encontraron resultados preocupantes en cuanto a los daños de la infraestructura y los futuros conflictos que se tendrán por la gran cantidad de especies grandes e introducidas que se encuentran dentro de los camellones. Al igual, los datos cualitativos del arbolado se sometieron a la herramienta i-Tree Eco “el cual emplea los datos dendrométricos obtenidos en el inventario y la evaluación de la condición del arbolado, así como la información de clima y contaminantes atmosféricos; para estimar las características estructurales de la población arbórea y los servicios ecosistémicos que provee” para presentar la importancia de los servicios ambientales que brindan hacia la ciudad de Colima, que si bien existe gran cantidad de especies introducidas es evidente que el bosque urbano estudiado aporta grandes beneficios a nivel local, pero siguen afectando a la flora nativa debido a que pueden consumir más agua o crece con mayor facilidad obstruyendo la luz del sol causándoles enfermedades y plagas.

Lo anterior aprueba la hipótesis planteada “Los criterios técnicos del Plan de Manejo del Arbolado Urbano y reglamentos aplicables, permiten evaluar la situación de los camellones y el arbolado de la ciudad de Colima; y la herramienta i-Tree Eco permite conocer que las especies nativas brindan más beneficios ambientales, con lo que se determinan las causas de las problemáticas de los camellones en tema urbano-ambiental.”.

Al igual, se demuestra que los objetivos se cumplen, puesto que se identificaron las causas del problema urbano-ambiental del arbolado e infraestructura de los camellones en la ciudad de Colima, en base al Plan de Manejo del Arbolado Urbano y reglamentos aplicables, además se demostró la importancia del arbolado endémico mediante el análisis desarrollado en i-Tree Eco.

Unas de los problemas identificados es la utilización de especies introducidas, puesto que representan un riesgo para la conservación de especies nativas debido a la competitividad que tienen algunas especies introducidas desplazando a las endémicas. El 46% del arbolado

encontrado en el estudio son de especie introducida, y a este paso será más difícil preservar las especies nativas, es por eso, que se debe trabajar en salvar a las especies endémicas de la ciudad de Colima.

Es importante preservar la salud de los árboles, para que esto sea posible, debemos considerar las especies endémicas porque necesitan menos agua y la posición geográfica es la adecuada para su desarrollo, algo importante a considerar por los beneficios de los árboles corresponden directamente en desarrollo, por lo tanto, si los árboles se encuentran en un área adecuada se podrán desarrollar sin la necesidad de podarlos logrando obtener el máximo de los beneficios ambientales. Entonces, entre más hojas, follaje, ramas, raíces y tronco tenga el árbol mayor será el secuestro y almacenamiento de carbono. Abonando al cumplimiento del objetivo se obtiene que, los servicios ambientales de los 1306 árboles estudiados de las cinco zonas tienen la capacidad de secuestro de carbono de casi 16.2 toneladas métricas por año y se calcula que almacenan 395 toneladas de carbono por año, equivalentes a lo que emiten 308 autos y 126 viviendas. Las raíces, aparte de almacenar carbono son esenciales para evitar desastres naturales en la ciudad durante la época de lluvia, debido a que entre más raíz se desarrolle menor será el escurrimiento y con los datos arrojados se logra evitar, 839 m³ de agua al año lo cual ayuda a que sea menor el agua que va al alcantarillado, reduciendo la probabilidad de inundación.

La valoración de los servicios ambientales que ofrece el arbolado de los camellones es para demostrar la importancia que tienen dentro del bosque urbano, al igual, se expone esta información para concientizar sobre los daños que se causan en tema ambiental, social y económico al dañar el arbolado existente. Cabe mencionar, que en las nuevas intervenciones de la estructura urbana al crear nuevos camellones o reforestar en camellones sin arbolado es importante su gestión para evitar estos daños.

Otro de los factores a identificar del objetivo, son los daños que se causan a la infraestructura por falta de la planeación urbano-ambiental. La ciudad de Colima ha ido creciendo de forma horizontal y desordenadamente, provocando problemas como, la inadaptabilidad de la infraestructura donde previamente existía arbolado, por ejemplo, la investigación arroja que, el 66% de los camellones estudiados de las cinco zonas contienen líneas aéreas, en donde el 16% tiene líneas aéreas sin interferencias, el 34% no tiene líneas aéreas y el 50% tiene líneas aéreas con interferencias, al igual se presenta la construcción de camellones angostos donde existía un

árbol de tallo grande, o se gestionó el arbolado de forma incorrecta conforme al tamaño de la especie y el tamaño de la franja de tierra, por lo que, el 44% del arbolado estudiado no corresponde al área de tierra que necesita para su correcto desarrollo.

Al igual se demostró que si la posición del arbolado dentro del camellón es la correcta menores daños tendrá la infraestructura, esto relacionándolo si el árbol es el adecuado para la franja de tierra del camellón, pero, si está muy cerca a la guarnición será mayor la probabilidad de causar daños. La investigación demuestra que también se tiene problemas en dicha consideración debido que se presenta un 45% de arbolado plantado al borde.

Si un árbol es joven independientemente del tipo de especie o posición dentro del camellón será menos probable que presente algún daño, por lo cual se relaciona que entre más arboles de edad avanzada tenga un camellón, más probable es que se presenten daños a la infraestructura considerando que no se cumpla el tipo de especie y la posición del mismo.

El análisis de esta investigación evidencia el estado actual de los camellones y su arbolado de la ciudad de Colima, un tema muy importante para concientizar los daños que se están provocando por la mala gestión del arbolado urbano, sin embargo, actualmente la ciudad de Colima contiene los criterios necesarios para que estos errores no se sigan cometiendo, no obstante estos criterios se encuentran en diferentes reglamentos, planes y manuales, en algunos la información es confusa o incompleta, y en algunos casos los criterios se manejan como recomendaciones (anexo 5).

Como propuesta de mejora, se recomienda la homologación de los criterios técnicos que se muestran en el anexo 5, en donde se concentren en un reglamento de ordenamiento urbano que obligue a cumplir estos criterios y no solo se queden como recomendaciones de diseño, al igual, se recomienda que los criterios se presenten en gráficos entendibles para que la población en general pueda llevar a cabo dichos criterios a la hora de forestar o reforestar. El aumento de la cobertura arbórea en las ciudades mejora la calidad ambiental y, por ende, el bienestar de la población urbana. Sin embargo, los árboles deben ser plantados y manejados estratégicamente para alcanzar esos objetivos. Concluyendo lo anterior, se generan nuevas preguntas de investigación; ¿Existen ciudades que contenga un reglamento con estos criterios homologados, y cuáles son?, ¿Cómo aplicar los criterios en la estructura urbana existente?, ¿Cuál institución debe hacerse cargo de la homologación de los criterios?

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Española para la Calidad (2019). *Homologación*. Aec.es. Recuperado en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/homologacion>
- Arroyave M. P., Posada M. I., Nowak D. J. y Robert E. H. (2018). *Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá*. Colombia forestal, 22(1), 5-16. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v22n1/0120-0739-cofo-22-01-00005.pdf>
- Benavides, H. M., Martínez, R. L., & Hernández, J. F. (2002). *Daños a banquetas por arbolado de alineación establecido en cepas en la Delegación Coyoacán, Distrito Federal*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 27(92), 53-77. Recuperado en: <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/902/2157>
- Benedetti, G., & Campo F. A. (2007). *Arbolado de Alineación: El Mapa Verde de Un Barrio en la Ciudad de Bahía Blanca, Argentina*. Papeles de Geografía. Recuperado de: <https://revistas.um.es/geografia/article/view/43081>
- Bustos M., Ferrelli. F. y Piccolo M (2016). *El rol del arbolado urbano sobre la temperatura invernal de la villa balnearia de Pehuen Co (Argentina)*. Revista Universitaria de Geografía. Volumen 25 (1). Recuperada de: <https://www.redalyc.org/pdf/3832/383246150004.pdf>
- Bonells J. E. (2020). *Uso de los Árboles para el Manejo de las Aguas Pluviales*. Jardines sin fronteras. Recuperado en: <https://jardinessinfronteras.com/2020/12/27/uso-de-los-arboles-para-el-manejo-de-las-aguas-pluviales/>
- Curiel, A & Díaz,J. (2012). *Bosques urbanos para enfriar las ciudades*. Recuperado en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/63_4/PDF/BosquesUrbanos.pdf
- Chueca F.J. (2005). *Coherencia*. Recuperado de: <file:///C:/Users/UsX/Downloads/la-terminologia-como-elemento-de-cohesion-en-los-textos-de-especialidad-del-discurso-economicofinanciero--0.pdf>

- Calderón J. A. (2020) *Modificación al Programa de Desarrollo Urbano de la ciudad de Colima en lo concerniente al cambio de uso de suelo de una fracción del lote 01 de la manzana 40 de la colonia Camino Real de Corredor Comercial y de Servicios Intensidad Alta CD-3 a Equipamiento Especial EE.* Recuperado en: http://www.colima.gob.mx/2020/destacados/DOC_19.pdf
- Díaz F.E. (2012) *Dasometría.* Recuperado de: <https://www.scribd.com/doc/93769900/dendrometria>
- Esquivel, T., & Quijas, S. (2021). Daño a la infraestructura (pavimento) causado por el arbolado urbano en Puerto Vallarta, Jalisco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(68), 178-201. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322021000600178
- García J. (2000). *Ildefonso Cerdà y El Nacimiento de la Urbanística: La Primera Propuesta Disciplinar de su Estructura Profunda.* Recuperado de: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-61.htm>
- Hernández, F. (2019). *ONU-Hábitat enumera beneficios de árboles en zonas urbanas. Centro Urbano.* Recuperado en: <https://centrourbano.com/2019/05/08/beneficios-arboles-zonas-urbanas/>
- Honorable Cámara de Diputados (2020) *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.* Recuperado en: http://www3.diputados.gob.mx/camara/001_diputados/012_comisioneslxii/01_ordinarias/002_agua_potable_y_saneamiento/13_marco_juridico/01_constitucion_politica_de_los_estados_unidos_mexicanos
- H. Congreso del Estado (2016) *Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima.* Recuperado en: http://ipco.gob.mx/ipco/transparencia/f1/marconormativo/leylocal/ley_ambiental_desarrollo_sustentable_estado_colima.pdf
- Honorable Cabildo Municipal (2014) *Reglamento de Construcción para el Municipio de Colima.* Recuperado en: 80

http://ipco.gob.mx/ipco/transparencia/f1/marconormativo/reglamentos/reglamento_construccion_municipio_colima.pdf

Honorable Cabildo Municipal (2009) *Reglamento de Zonificación del Municipio de Colima*.

Recuperado en:

http://ipco.gob.mx/ipco/transparencia/f1/marconormativo/reglamentos/modificacion_reglamento_zonificacion_del_municipio_de_colima.pdf

Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (2021) *Plan de Manejo del Arbolado*

Urbano de la Ciudad de Colima. Recuperado en:

<http://ipco.gob.mx/2019/index.php/marco-normativo/proyectos/2-uncategorised/110-plan-de-manejo-del-arbolado-urbano-de-la-ciudad-de-colima>

Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO) (2021). *Programa de*

Desarrollo Urbano de la Ciudad de Colima (PDUCP). Recuperado en:

http://ipco.gob.mx/ipco/proyectos/proyectos/planeacion/gestionurbana/programas/7_PDU_CiudadColima/1_PDUCP_CColima.pdf

Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Cajeme (2018) *Catálogo de Flora*

del Municipio de Cajeme. Recuperado en: [https://www.imipcajeme.org/wp-](https://www.imipcajeme.org/wp-content/uploads/2018/06/catalogo-de-flora-del-municipio-de-cajeme.pdf)

[content/uploads/2018/06/catalogo-de-flora-del-municipio-de-cajeme.pdf](https://www.imipcajeme.org/wp-content/uploads/2018/06/catalogo-de-flora-del-municipio-de-cajeme.pdf)

Larousse Gran Diccionario de la Lengua Española (2016). *Equiparación*. Recuperado en:

<https://es.thefreedictionary.com/equiparacion>

Larousse Gran Diccionario de la Lengua Española (2016). *Criterio*. Recuperado en:

<https://es.thefreedictionary.com/criterios>

Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014) *Guarnición*. Recuperado en:

<http://comunicaciones.edomex.gob.mx/sites/comunicaciones.edomex.gob.mx/files/files/Manual%20de%20Se%C3%B1alizacion%20Vial.pdf>

Naciones Unidas (2018). *Las ciudades serán una zona verde o no serán*. Recuperado en:

<https://www.un.org/development/desa/es/news/forest/forests-and-cities.html>

- Naciones Unidas (2021) *La Nueva Agenda Urbana*. Recuperado en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>
- Onu Habitat (2019) *Siete grandes beneficios de los árboles urbanos*. Recuperado en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos#:~:text=Las%20investigaciones%20muestran%20que%20vivir,bienestar%20de%20las%20comunidades%20urbanas.>
- Organización Panamericana de la Salud (2016) *Calidad del aire*. Recuperado en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20es,de%20ingresos%20bajos%20y%20medios.>
- Pérez M. (2021) *Ambiente*. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/ambiente/>
- Pineda J. (2021) *Ecosistema Artificial*. Recuperado en: <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/ecosistema-artificial/>
- Pérez M. (2021) *Coherencia*. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/coherencia/>
- Real Academia Española (2021) *Equiparación*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/equiparar>
- S. A (2018) *Los árboles que sí nos convienen*. El Heraldo. Recuperado en: <https://www.heraldo.mx/reportaje-arboles/#:~:text=Se%20estima%20que%20el%2070,al%20interior%20de%20las%20fincas>
- Reynolds, C. C., Escobedo, F. J., Clerici, N., & Zea-Camaño, J. (2017). *Does “greening” of neotropical cities considerably mitigate carbon dioxide emissions? The case of Medellín, Colombia*. *Sustainability*, 9(5), 785.
- Saavedra-Romero, L. D. L., Alvarado-Rosales, D., Patricia, H. D. L. R., Martínez-Trinidad, T., Mora-Aguilera, G., & Villa-Castillo, J. (2012). *Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México*. *Madera y bosques*, 22(2), 15-27. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712016000200015&script=sci_arttext

7. ANEXOS

LISTADO DE ESPECIES ENCONTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO							
ZONA	NOMBRE		PROCED.	FRANJA DE TIERRA	CANT.	POSICIÓN	
	CIENTIFICO	COMÚN				Centro	Borde
ZC	<i>Terminalia catappa</i>	ALMENDRO	Introducida	>2.00	4	2	2
ZC	<i>Cordia sebestena</i>	ANACAHUITA	Nativa	>1.00	1	0	1
ZC	<i>Ficus padifolia</i>	CAMICHÍN	Nativa	>5.00	3	0	3
ZC	<i>Ceiba pentandra</i>	CEIBA	Nativa	>5.00	3	0	3
ZC	<i>Swietenia humilis</i>	CÓBANO	Nativa	>2.00	40	8	32
ZC	<i>Ficus benjamina</i>	FÍCUS	Introducida	>5.00	22	4	18
ZC	<i>Annona muricata</i>	GUANÁBANA	Introducida	>2.00	3	0	3
ZC	<i>Ficus insipida</i>	HIGUERA	Nativa	>5.00	2	0	2
ZC	<i>Leucaena leucocephala</i>	GUAJE	Nativa	>2.00	1	1	0
ZC	<i>Syzygium cumini</i>	JAMBOLÁN	Introducida	>2.00	1	0	1
ZC	<i>Citrus aurantiifolia</i>	LIMÓN	Introducida	>0.70	1	1	0
ZC	<i>Cassia fistula</i>	LLUVIA DE ORO	Introducida	>2.00	2	0	2
ZC	<i>Ehretia tinifolia</i>	PINGÜICA	Nativa	>2.00	13	10	3
ZC	<i>Mangifera indica</i>	MANGO	Introducida	>5.00	50	9	41
ZC	<i>Prosopis juliflora</i>	MEZQUITE	Nativa	>2.00	2	0	2
ZC	<i>Moringa oleifera</i>	MORINGA	Introducida	>2.00	2	2	0
ZC	<i>Byrsonima crassifolia</i>	NANCE	Nativa	>2.00	4	3	1
ZC	<i>Bucida buceras</i>	OLIVO NEGRO	Nativa	>2.00	5	3	2
ZC	<i>Dyopsis lutescens</i>	PALMA ARECA	Introducida	>2.00	16	11	5
ZC	<i>Cocos nucifera</i>	PALMA COCOTERA	Introducida	>2.00	11	6	5
ZC	<i>Thuja occidentalis</i>	MEZQUITE	Nativa	>2.00	4	1	3
ZC	<i>Archontophoenix cunninghamiana</i>	PALMA REY	Introducida	>2.00	4	4	0
ZC	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	PRIMAVERA AMARILLA	Nativa	>5.00	115	24	91
ZC	<i>Tabebuia rosea</i>	ROSA MORADA	Nativa	>2.00	68	13	55
ZN	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	BUGAMBILIA	Introducida	>0.70	5	3	2
ZN	<i>Swietenia humilis</i>	CÓBANO	Nativa	>2.00	11	5	6
ZN	<i>Washingtonia robusta</i>	PALMA WASHINGTONIA	Introducida	>2.00	2	0	2
ZN	<i>Ficus benjamina</i>	FÍCUS	Introducida	>5.00	3	3	0
ZN	<i>Fraxinus uhdei</i>	FRESNO	Nativa	>2.00	1	1	0
ZN	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	ARCOIRIS	Introducida	>2.00	1	1	0
ZN	<i>Ficus cotinifolia</i>	ZALATE	Nativa	>5.00	4	4	0

ZN	Cassia fistula	LLUVIA DE ORO	Introducida	>2.00	6	2	4
ZN	Mangifera indica	MANGO	Introducida	>5.00	3	0	3
ZN	Azadirachta indica	NEEM	Introducida	>2.00	3	2	1
ZN	Bucida buceras	OLIVO NEGRO	Nativa	>2.00	4	1	3
ZN	Cocos nucifera	PALMA COCOTERA	Introducida	>2.00	65	54	11
ZN	Brahea dulcis	PALMA DULCE	Nativa	>2.00	10	10	0
ZN	Enterolobium cyclocarpum	PAROTA	Nativa	>5.00	5	5	0
ZN	Tabebuia donnell-smithii	PRIMAVERA AMARILLA	Nativa	>5.00	21	6	15
ZN	Tabebuia rosea	ROSA MORADA	Nativa	>2.00	16	7	9
ZN	Sabal mexicana	SABAL	Nativa	>2.00	2	2	0
ZN	Delonix regia	TABACHÍN	Introducida	>2.00	1	0	1
ZON	Ceiba aesculifolia	ALGODONCILLO	Nativa	>2.00	4	4	0
ZON	Terminalia catappa	ALMENDRO	Introducida	>2.00	19	9	10
ZON	Swietenia macrophylla	CAOBA	Nativa	>5.00	4	4	0
ZON	Cedrela odorata	CEDRO ROJO	Nativa	>5.00	1	0	1
ZON	Swietenia humilis	CÓBANO	Nativa	>2.00	5	0	5
ZON	Cordia elaeagnoides	BARCINO	Nativa	>1.5	6	0	6
ZON	Ficus insipida	HIGUERA	Nativa	>5.00	79	76	3
ZON	Pithecellobium dulce	GUAMÚCHIL	Introducida	>5.00	17	14	3
ZON	Psidium guajava	GUAYABO	Nativa	>2.00	7	4	3
ZON	Cassia fistula	LLUVIA DE ORO	Introducida	>2.00	11	9	2
ZON	Mangifera indica	MANGO	Introducida	>5.00	31	23	8
ZON	Moringa oleifera	MORINGA	Introducida	>2.00	5	2	3
ZON	Byrsonima crassifolia	NANCE	Nativa	>2.00	2	2	0
ZON	Citrus aurantium	NARANJO AGRIO	Introducida	>0.70	26	5	21
ZON	Morinda citrifolia	NONI	Introducida	>2.00	12	9	3
ZON	Cocos nucifera	PALMA COCOTERA	Introducida	>2.00	21	19	2
ZON	Archontophoenix cunninghamiana	PALMA REY	Introducida	>2.00	8	8	0
ZON	Enterolobium cyclocarpum	PAROTA	Nativa	>5.00	7	4	3
ZON	Ceiba pentandra	CEIBA	Nativa	>5.00	3	2	1
ZON	Tabebuia donnell-smithii	PRIMAVERA AMARILLA	Nativa	>5.00	5	2	3
ZON	Tabebuia rosea	ROSA MORADA	Nativa	>2.00	2	1	1
ZON	Tamarindus indica	TAMARINDO	Introducida	>2.00	3	0	3
ZON	Tectona grandis	TECA	Introducida	>5.00	2	2	0
ZOS	Vitex trifolia	AHUILOTE	Introducida	>1.5	8	5	3
ZOS	Terminalia catappa	ALMENDRO	Introducida	>2.00	3	1	2

ZOS	<i>Cordia sebestena</i>	ANACAHUITA	Nativa	>1.00	1	1	0
ZOS	<i>Ficus padifolia</i>	CAMICHÍN	Nativa	>5.00	1	1	0
ZOS	<i>Muntingia calabura</i>	CAPULÍN	Nativa	>2.00	2	2	0
ZOS	<i>Manilkara zapota</i>	CHICOZAPOTE	Nativa	>5.00	1	1	0
ZOS	<i>Spondias purpurea</i>	CIRUELA	Introducida	>0.70	7	5	2
ZOS	<i>Swietenia humilis</i>	CÓBANO	Nativa	>2.00	5	5	0
ZOS	<i>Ficus benamina</i>	FÍCUS	Introducida	>5.00	9	9	0
ZOS	<i>Plumeria rubra</i>	FLOR DE MAYO	Nativa	>0.70	3	1	2
ZOS	<i>Pithecellobium dulce</i>	GUAMÚCHIL	Introducida	>5.00	13	10	3
ZOS	<i>Annona muricata</i>	GUANÁBANA	Introducida	>2.00	3	3	0
ZOS	<i>Psidium guajava</i>	GUAYABO	Nativa	>2.00	9	5	4
ZOS	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	ARCOIRIS	Introducida	>2.00	14	7	7
ZOS	<i>Ficus cotinifolia</i>	ZALATE	Nativa	>5.00	1	1	0
ZOS	<i>Leucaena leucocephala</i>	GUAJE	Nativa	>2.00	5	3	2
ZOS	<i>Syzygium cumini</i>	JAMBOLÁN	Introducida	>2.00	1	0	1
ZOS	<i>Citrus limetta</i>	LIMA	Introducida	>0.70	1	0	1
ZOS	<i>Mangifera indica</i>	MANGO	Introducida	>5.00	9	3	6
ZOS	<i>Moringa oleifera</i>	MORINGA	Introducida	>2.00	8	7	1
ZOS	<i>Byrsonima crassifolia</i>	NANCE	Nativa	>2.00	2	1	1
ZOS	<i>Citrus aurantium</i>	NARANJO AGRIO	Introducida	>0.70	3	3	0
ZOS	<i>Azadirachta indica</i>	NEEM	Introducida	>2.00	24	7	17
ZOS	<i>Bucida buceras</i>	OLIVO NEGRO	Nativa	>2.00	11	11	0
ZOS	<i>Cocos nucifera</i>	PALMA COCOTERA	Introducida	>2.00	49	7	42
ZOS	<i>Roystonea regia</i>	PALMA REAL	Introducida	>2.00	3	3	0
ZOS	<i>Albizia tomentosa</i>	PAROTILLA	Nativa	>2.00	1	1	0
ZOS	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	PRIMAVERA AMARILLA	Nativa	>5.00	37	31	6
ZOS	<i>Delonix regia</i>	TABACHÍN	Introducida	>2.00	1	0	1
ZOS	<i>Tamarindus indica</i>	TAMARINDO	Introducida	>2.00	1	1	0
ZOS	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	YACA	Introducida	>2.00	1	1	0
ZOS	<i>Tabebuia rosea</i>	ROSA MORADA	Nativa	>2.00	13	13	0
ZS	<i>Simarouba glauca</i>	ACEITUNA	Nativa	>1.5	3	1	2
ZS	<i>Persea americana</i>	AGUACATE	Nativa	>1.5	1	1	0
ZS	<i>Terminalia catappa</i>	ALMENDRO	Introducida	>2.00	3	3	0
ZS	<i>Cordia elaeagnoides</i>	BARCINO	Nativa	>1.5	11	2	9
ZS	<i>Swietenia macrophylla</i>	CAOBA	Nativa	>5.00	5	0	5
ZS	<i>Cedrela odorata</i>	CEDRO ROJO	Nativa	>5.00	3	0	3
ZS	<i>Annona cherimola</i>	CHIRIMOYA	Introducida	>2.00	1	1	0

ZS	<i>Spondias purpurea</i>	CIRUELA	Introducida	>0.70	3	2	1
ZS	<i>Pithecellobium dulce</i>	GUAMÚCHIL	Introducida	>5.00	15	15	0
ZS	<i>Annona muricata</i>	GUANÁBANA	Introducida	>2.00	1	1	0
ZS	<i>Psidium guajava</i>	GUAYABO	Nativa	>2.00	7	4	3
ZS	<i>Hura polyandra</i>	HABA	Nativa	>5.00	1	0	1
ZS	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	ARCOIRIS	Introducida	>2.00	3	3	0
ZS	<i>Ficus cotinifolia</i>	ZALATE	Nativa	>5.00	27	27	0
ZS	<i>Citrus aurantiifolia</i>	LIMÓN	Introducida	>0.70	3	3	0
ZS	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	ARCOIRIS	Introducida	>2.00	2	0	2
ZS	<i>Ehretia tinifolia</i>	PINGÜICA	Nativa	>2.00	6	6	0
ZS	<i>Mangifera indica</i>	MANGO	Introducida	>5.00	13	10	3
ZS	<i>Prosopis juliflora</i>	MEZQUITE	Nativa	>2.00	1	1	0
ZS	<i>Moringa oleifera</i>	MORINGA	Introducida	>2.00	3	3	0
ZS	<i>Byrsonima crassifolia</i>	NANCE	Nativa	>2.00	1	1	0
ZS	<i>Azadirachta indica</i>	NEEM	Introducida	>2.00	7	7	0
ZS	<i>Morinda citrifolia</i>	NONI	Introducida	>2.00	1	1	0
ZS	<i>Cocos nucifera</i>	PALMA COCOTERA	Introducida	>2.00	9	9	0
ZS	<i>Washingtonia robusta</i>	PALMA WASHINGTONIA	Introducida	>2.00	3	3	0
ZS	<i>Archontophoenix cunninghamiana</i>	PALMA REY	Introducida	>2.00	2	2	0
ZS	<i>Roystonea regia</i>	PALMA REAL	Introducida	>2.00	8	8	0
ZS	<i>Bursera simaruba</i>	PAPELILLO	Nativa	>5.00	27	27	0
ZS	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	PAROTA	Nativa	>5.00	1	1	0
ZS	<i>pinus teocote</i>	PINO AZTECA	Nativa	>2.00	2	2	0
ZS	<i>Ceiba pentandra</i>	CEIBA	Nativa	>5.00	4	4	0
ZS	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	PRIMAVERA AMARILLA	Nativa	>5.00	26	4	22
ZS	<i>Tabebuia rosea</i>	ROSA MORADA	Nativa	>2.00	33	5	28

Anexo 1 Elaboración propia (2022) Listado de especies encontradas en el área de estudio.

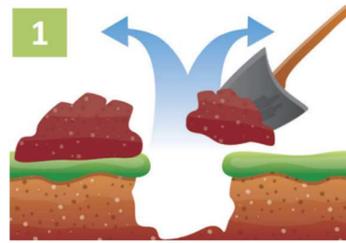
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	RIEGO
1. Araucaria	<i>Araucaria araucaria</i>	Bajo
2. Araucaria	<i>Araucaria heterophylla</i>	Bajo
3. Araucaria	<i>Araucaria excelsa</i>	Medio
4. Araucaria	<i>Araucaria spp</i>	Media
5. Limon	<i>Citrus limon</i>	Medio
6. Mandarino	<i>Citrus reticulata</i>	Medio
7. Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Medio
8. Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	Bajo y medio
9. Trueno	<i>Ligustrum lucidum</i>	Bajo y medio
10. Nuez de macadomia	<i>Macadomia tetraphylla</i>	Bajo
11. Aralia	<i>Oreopanax xalapensis</i>	Medio
12. Pinos	<i>Pinus ocarpa</i>	Bajo
13. Pinos	<i>Pinus michoacana</i>	Bajo
14. Podocarpus	<i>Podocarpus guatemalensis</i>	Medio
15. Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	Bajo
16. Retama	<i>Thevetia peruviana</i>	Bajo
17. Codo de fraile	<i>Thevetia thevetoides</i>	Medio
18. Arce	<i>Hesperis matronalis</i>	Medio
19. Liquidambar	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Medio
20. Xacalaxochilt	<i>Plumeria rubra</i>	Bajo

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	RIEGO
21. Encinos y robles	<i>Quercus spp</i>	Medio y bajo
22. Limonaria	<i>Muraya paniculata</i>	Medio
23. Rosa laurel	<i>Nerium oleander</i>	Bajo
24. Clavo	<i>Pittosporum spp</i>	Bajo
25. Palma cola de pez	<i>Carvota urens</i>	Medio
26. Palma abanico	<i>Livistona chinensis</i>	Medio
27. Palma datilera	<i>Phoenix canariensis</i>	Medio
28. Palma fenix	<i>Phoenix reclinata</i>	Medio
29. Palma sabal	<i>Sabal mexicana</i>	Medio
30. Palma coco plumoso	<i>Syagrus coronata</i>	Medio
31. Palma de abanico	<i>Washingtonia filifera</i>	Medio

Anexo 2 Recuperado de Reglamento de Parques y Jardines para el municipio de Colima (2016) Listado de especies recomendadas para reforestar parques, jardines y arbolado de alineación.

PASOS A SEGUIR PARA PLANTAR UN ÁRBOL

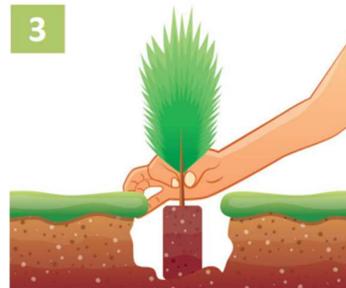
Afloja la tierra y abre un hueco de 40 centímetros de ancho por 40 centímetros o más de profundidad; esto es conocido como cepa.



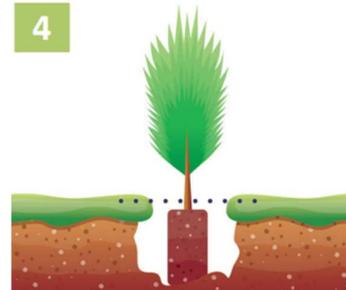
Separa la tierra de la superficie más fértil (tierra cercana al ras del suelo) y deposita un poco de ésta en el fondo de la cepa para facilitar el desarrollo de las raíces.



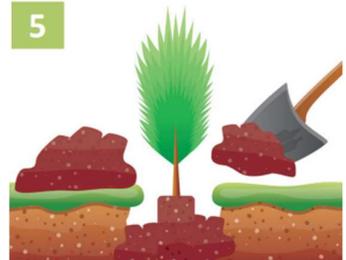
Toma la planta de la parte más baja del tallo con dos dedos. Ponla en el centro de la cepa al ras del suelo. Procura evitar maltratar o tocar la raíz. Recuerda que la planta tiene que entrar a la cepa sin bolsa o contenedor

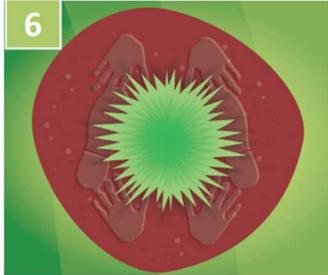


Procura que el límite de la raíz y el tallo (cuello de raíz) quede al ras del suelo



Deposita la tierra más fértil alrededor de la planta y compacta ligeramente



<p>Compacta la tierra con las manos o pies; no debe quedar muy apretada ni muy floja. Se facilita así la oxigenación de la raíz.</p>	
<p>Haz un borde alrededor de la planta. El borde es llamado cajete y con este se favorece la captación de agua y el desarrollo de las raíces del árbol.</p>	

Anexo 3 Recuperado de PMAU (2021) Pasos para plantar un árbol.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL ARBOLADO		
CATEGORÍA	VARIABLE	VALOR
Origen	Nativa	3
	Exótica	0
Tipo de crecimiento	Árbol	3
	Palma	2
	Arbusto	1
	Planta arborescente	0
Altura	0m – 6m	1
	6m – 12m	2
	12m o más	3
Flor	Vistasas	3
	No vistasas	0
Ciclo de vida	Caducifolias	0
	Perenne	3
Requerimientos climáticos	Adaptable/adaptada al clima	3
	No adaptable al clima	0
Agua	Alto consumo de agua	1
	Bajo consumo de agua	2
	Resistencia a sequías	3
Requerimientos lumínicos	Ninguna preferencia	3

	Mucha sombra	2
	Mucho sol	2
Suelo	Suelos profundos	0
	Suelos no profundos	3
	Requerimientos específicos de calidad de suelo	2
Frecuencia	Presente en áreas verdes públicas cercanas	0
	Ausente en áreas verdes públicas cercanas	3
Mantenimiento	Alto	1
	Bajo	3
Uso	Ornamental	1
Valor agregado	Resistencia a plagas y enfermedades	3
	Atracción de fauna silvestre	3
	Especie bajo protección especial	3

Anexo 4 Elaboración propia con información del PMAU (2021) Criterios para la selección del arbolado.

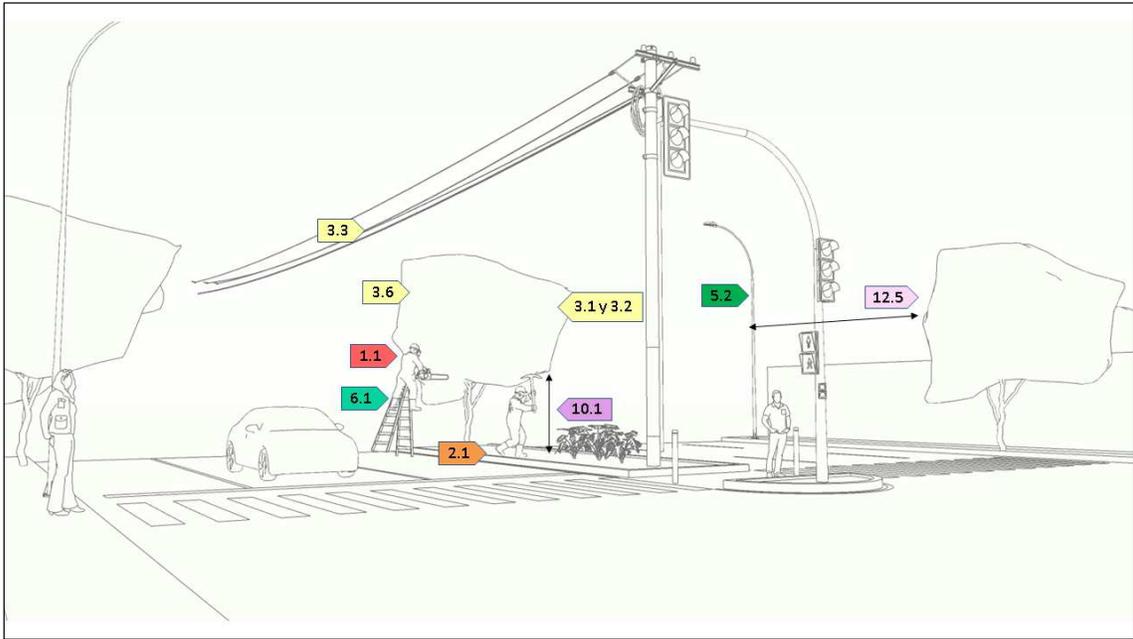
CRITERIOS TÉCNICOS URBANO-AMBIENTALES DE LOS CAMELONES DE LA CIUDAD DE COLIMA		
Reglamento de Parque y Jardines del Municipio de Colima		
Criterios técnicos	#	Lineamientos normativos
Forestación y reforestación	1	1.1 ARTÍCULO 15.- La Dirección se encargará de la reforestación y forestación de los camellones.
Prohibición de especies peligrosas	2	2.1 ARTÍCULO 63.- Prohibido plantar cactus, magueyes, abrojos y en general plantas punzocortantes en los camellones.
Especies adecuadas al entorno	3	ARTÍCULO 2.- Las plantaciones de árboles deberán procurar y adecuar las especies que puedan adaptarse a los espacios físicos existentes y armonizar con el entorno visual del lugar y deberán ser los adecuados para cada espacio y ajustarse a lo siguiente:
		3.1 Si se realizan por particulares estos deberán utilizar las especies señaladas en el anexo 2.
		3.2 Queda prohibido plantar especies diferentes a las que autoriza este Ordenamiento.
		Queda prohibida la forestación y reforestación:
		3.3 Bajo líneas de conducción eléctrica, telefónica o Telecable, excepto cuando se planten árboles de porte bajo;
		3.4 Sobre tuberías de conducción de gas de alta presión;
3.5 En áreas en donde no se tenga amplitud suficiente para el desarrollo de los árboles.		
3.6 ARTÍCULO 8.- Para la plantación de los árboles en camellones, preferentemente se utilizarán especies resistentes a vientos fuertes, de preferencia que permitan la visibilidad de los conductores; el tipo de especies también estará sujeto a si se cuenta o no con líneas eléctricas y se		

			escogerán árboles de porte pequeño o fáciles de trasplantar. Las especies adecuadas ver en anexo 2.
Reglamento de Construcción para el Municipio de Colima			
Ancho de camellón en caso de poste	4	4.1	ARTÍCULO 36.- En los camellones donde sea necesaria la colocación de postes, los camellones deberán tener un ancho mínimo de 4.00 m, incluyendo el ancho del poste o estructura que se pretenda colocar.
Reglamento de Alumbrado Público del Municipio de Colima (Por mención del Reglamento de Construcción)			
Distribución de luminarias	5		ARTÍCULO 59.- Las luminarias de las vialidades serán distribuidas preferentemente sobre la base de las siguientes especificaciones, siempre cumpliendo con los niveles de iluminancia y eficiencia energética que establecen las Normas Oficiales:
		5.1	En las calles con camellón central menor de 3.5 metros, sin interferencia de árboles, se utilizará un poste con doble luminaria, ubicado en el centro del mismo; y
		5.2	En las calles con camellón central mayor de 3.5 metros o con interferencia de árboles, se podrán instalar luminarias en ambas guarniciones del camellón o, después del análisis fotométrico, con otro arreglo que garantice que se cumpla lo establecido por las Normas Oficiales.
Gestión de la poda o tala por riesgo a dañar la infraestructura	6	6.1	ARTÍCULO 84.- Es deber de las personas físicas y morales que se dediquen al comercio, la tala de árboles o cualquier actividad que ponga en peligro las redes eléctricas, aparatos o artefactos, el dar aviso antes del inicio de sus actividades, a la Dirección, y/o Comisión Federal de Electricidad, para que se tomen las medidas necesarias y evitar un accidente.
Reglamento de Zonificación del Municipio de Colima			
Evitar obstáculos para peatones en camellones	7	7.1	ARTÍCULO 151.- En los camellones, donde se proponga el paso peatonal, deberá reservarse un ancho mínimo de 1.20 metros sin obstáculos y a nivel de pavimento, para el libre y continuo desplazamiento de peatones.
Consideración de arbolado en camellones	8	8.1	ARTÍCULO 170.- Todo tipo de vialidad deberá contener arbolado en aceras y camellones
Ancho de camellón según la vialidad	9		ARTÍCULO 219. Las vías de acceso controlado deberán sujetarse a las siguientes normas:
		9.1	Anchura de la faja separadora central, o camellón central: 1.20 metros mínimo;
		9.2	Anchura de las fajas separadoras laterales, o camellones laterales: 6.00 metros mínimo.
			ARTÍCULO 221. Las arterias colectoras se sujetarán a la siguiente norma:
	9.3	Anchura de la faja separadora central, o camellón central: este elemento es opcional, dependiendo de las características del diseño urbano, cuando se ubique su ancho mínimo será de 1.50 metros.	
			ARTÍCULO 237. La vegetación y obstáculos laterales que se ubiquen en las vialidades estarán sujetos a los siguientes lineamientos:

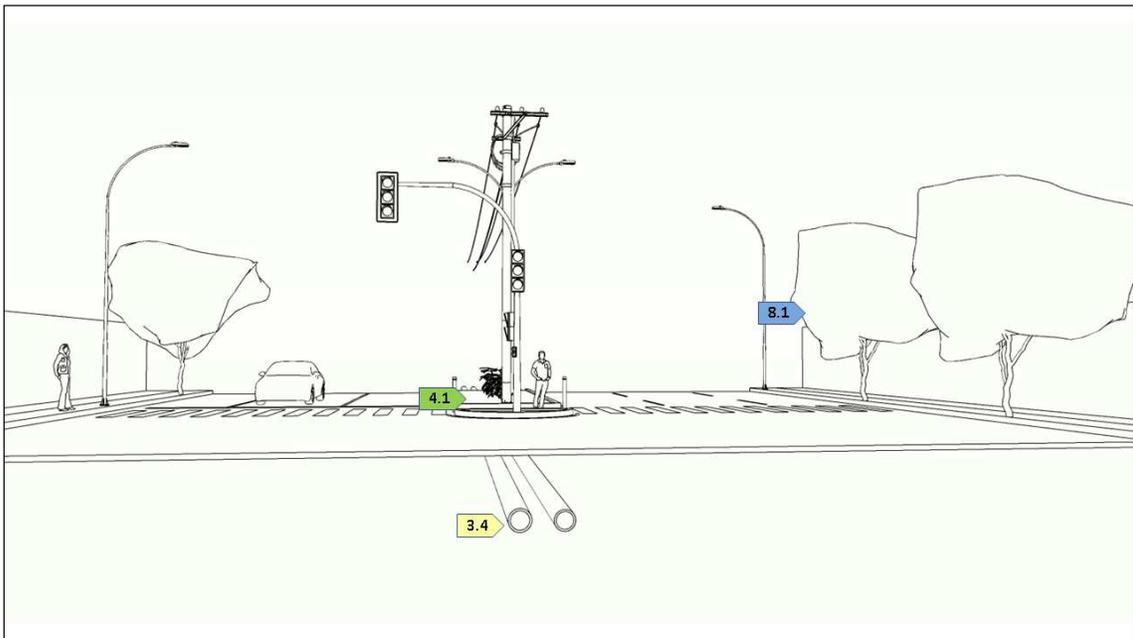
Evitar obstaculizar la visibilidad a los conductores	10	10.1	La vegetación que se ubique sobre camellones y banquetas y cuyo follaje se encuentre entre el piso y una altura menor de 1.5 metros, deberá limitarse en su altura a 1 metro como máximo, para evitar la obstrucción de la visibilidad a los conductores.
Plan de Manejo del Arbolado Urbano de la Ciudad de Colima (PMAU)			
Mantenimiento del arbolado	11		Las actividades de mantenimiento básico deberán de enfocarse en el arbolado juvenil, mientras que el mantenimiento preventivo se realizará en los individuos adultos. El mantenimiento general del arbolado de la ciudad deberá ser permanentes.
		11.1	<p>Mantenimiento básico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenimiento de cajetes. Se dará sobre una superficie de un metro de diámetro alrededor del árbol. 2. Riego. Se aplicará periódicamente durante la temporada de secas, en dosis de 10 litros por árbol o según lo requerido. 3. Podas: Las podas podrán justificarse por tres motivos: <ul style="list-style-type: none"> • De formación: con el fin de mejorar las condiciones fisiológicas del individuo. • De mejoramiento: para mejorar las condiciones del individuo y atenuar su interferencia con estructuras físicas urbanas • De estabilidad: tratamiento tendiente a mejorar la estabilidad del individuo y eliminar el riesgo de volcamiento 4. Fertilización. Se llevará a cabo dos veces al año o según lo requerido por el árbol (lombricomposta, bocashi, entre otras opciones orgánicas). 5. Tutorado. Se refiere a la colocación de estacas en aquellos árboles juveniles que requieren de ayuda para erguirse y se dará de forma anual si lo requiere el árbol. 6. Tratamiento fitosanitario. Se llevará a cabo según el requerimiento por árbol. 7. Remoción. Se retirarán los árboles que estén muertos y aquellos en los que no sea viable un tratamiento fitosanitario para su recuperación.
		11.2	<p>Mantenimiento preventivo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Podas: Las podas se justificarán por tres motivos: <ul style="list-style-type: none"> • De reducción: cuando se pretenda mejorar las condiciones estéticas del arbolado, conservando en su posibilidad su forma natural. • De elevación: para elevar la copa. • De aclareo: reducción parcial de la copa para permitir la entrada de luz. 2. Fertilización. Se llevará a cabo cada uno o dos años según lo requerido por el árbol (lombricomposta, bocashi, entre otras opciones orgánicas). 3. Tratamiento fitosanitario. Se llevará a cabo según el requerimiento por árbol. 4. Remoción. Se retirarán los árboles que estén muertos y aquellos en los que no sea viable un tratamiento fitosanitario para su recuperación.
	12	12.1	<p>Los factores más importantes para garantizar el éxito de una reforestación están estrechamente vinculados con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer el sitio de establecimiento del árbol • Evitar la interferencia con servicios aéreos y subterráneos

¿Cómo plantar un árbol?		Calidad del suelo para saber los nutrientes y la cantidad de los mismos que el árbol tendrá a su disposición	
	12.2	Selección de especie adecuada al sitio e influencia del árbol <ul style="list-style-type: none"> • Conocer la biología del árbol y considerar la influencia del árbol en el entorno urbano • Posibles consecuencias que puede tener durante su crecimiento y desarrollo 	
	12.3	Espacio con el que contará el árbol para su desarrollo <ul style="list-style-type: none"> • Se deberá garantizar un área libre entre el árbol plantado y el machuelo: - Árboles pequeños y arbusto se deberá dejar una distancia mínima de 40 cm. - Árboles medianos se dejará una distancia mínima de 80 cm. - Árboles grandes, la distancia mínima deberá de ser 1.20 metros. 	
	12.4	Conocer el vivero o procedencia del árbol <ul style="list-style-type: none"> • Conocer el vivero de procedencia de la planta es importante para saber la calidad de la planta y del germoplasma obtenido para su desarrollo. Conocer el tipo de manejo y técnicas de plantación y de desarrollo de la raíz.	
	12.5	Para evitar podas por interferir con el alumbrado público se deberá: Asegurar una distancia mínima entre el árbol plantado y el poste de luz. <ul style="list-style-type: none"> • Árboles pequeños la distancia mínima será de 2 metros. • Árboles medianos la distancia mínima deberá ser de 3.5 metros. • Árboles grandes, la distancia mínima deberá de ser 5 metros. 	
	12.6	Pasos a seguir para plantar un árbol. <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda seguir la indicaciones y técnicas de plantación establecidas por CONAFOR las cuales se mencionan en el anexo 3. 	
Criterios para la selección de especie	13	13.1	Con el fin de evitar subjetividad en la selección de especies adecuadas para su integración en espacios verdes, se desarrolló una matriz de valoración con características diversas y valores numéricos (ver en anexo 4)
Tamaño de especies adecuadas para camellones	14	14.1	El PMAU clasifica las especies por tamaño y por franja de tierra que necesita el árbol para su desarrollo. Árbol de especie grande necesita una franja de tierra >5.00m, especie mediana necesita una franja de tierra >2.00m y las especies chicas necesita >0.70m.

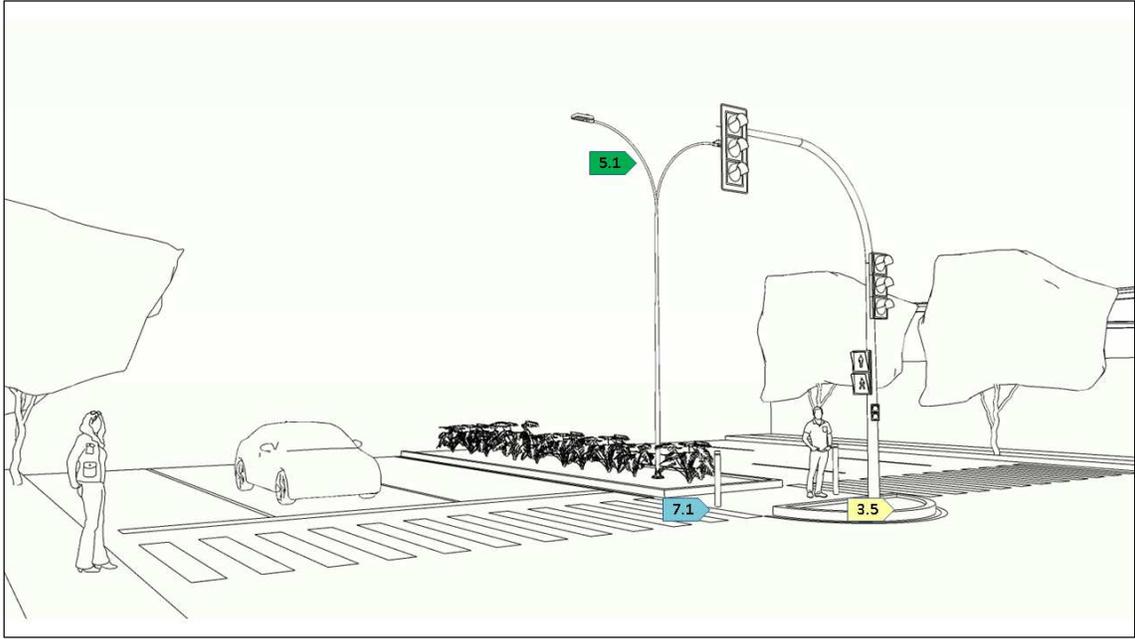
Anexo 5 Elaboración propia (2022) Tabla de criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental de los camellones de la ciudad de Colima.



Anexo 6 Elaboración propia (2022) Criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental de los camellones de la ciudad de Colima.



Anexo 7 Elaboración propia (2022) Criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental de los camellones de la ciudad de Colima.



Anexo 8 Elaboración propia (2022) Criterios técnicos para el diseño urbano-ambiental de los camellones de la ciudad de Colima.