

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Caracterización, servicios ecosistémicos del arbolado y lineamientos generales para la arborización en aceras de la Ciudad de San Salvador.

Por:
Br. Aguilar Rincán, Karla Nohemy
Br. Cruz Cruz, María Elizabeth
Br. Salmerón Rodríguez, Nancy Lizbeth

Ciudad Universitaria, enero 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Caracterización, servicios ecosistémicos del arbolado y lineamientos generales para la arborización en aceras de la Ciudad de San Salvador.

Por:
Br. Aguilar Rincán, Karla Nohemy
Br. Cruz Cruz, María Elizabeth
Br. Salmerón Rodríguez, Nancy Lizbeth

Ciudad Universitaria, enero 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE



Caracterización, servicios ecosistémicos del arbolado y lineamientos generales para la arborización en aceras de la Ciudad de San Salvador.

Por:
Br. Aguilar Rincán, Karla Nohemy
Br. Cruz Cruz, María Elizabeth
Br. Salmerón Rodríguez, Nancy Lizbeth

Requisito para optar al título de:

Ingeniera Agrónomo

Ciudad Universitaria, enero 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector:

Lic. M. Sc. Roger Armando Arias Alvarado

Secretario General:

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

Decano:

Dr. Francisco Lara Ascencio

Secretario:

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra

Jefe del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Ing. Agr. M. Sc. José Mauricio Tejada Asensio

Docentes Directores

Ing. Agr. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero

Ing. Agr. M. Sc. José Mauricio Tejada Asensio

Coordinador general de procesos de graduación

Ing. Agr. M. Sc. Nelson Bernabé Granados Alvarado

RESUMEN

La investigación se realizó de noviembre 2019 a diciembre de 2020 en el segmento de la calle Rubén Darío, 1ª calle poniente y la calle Arce, desde la avenida España y finalizando en la 25 avenida norte, en el municipio de San Salvador. Con coordenadas 13°41'54"N 89°11'27"O ;13°42'01"N 89°12'21"O, con un área de 351,000 m² y una elevación media de 711 m.s.n.m.

El estudio consistió en la caracterización del arbolado de las aceras, la determinación de los servicios ecosistémicos que estos brindan y la elaboración de lineamientos para la arborización en aceras de áreas urbanas. Para la caracterización del arbolado, se tomaron parámetros como diámetro a la altura del pecho, altura total, altura y diámetro de copa, presencia de plagas, daños, estado fenológico, entre otros.

Para la determinación de los servicios ecosistémicos se utilizó el programa i-Tree Eco®, desarrollado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos de América (USFS por sus siglas en inglés), el cual permite caracterizar la estructura del bosque urbano, así como cuantificar y valorar los servicios ambientales, facilitando el procesamiento y análisis de la información de campo, permitiendo la organización y control del arbolado de un área determinada; Con el análisis socioeconómico y ambiental de la arborización, aspectos técnicos y legales del manejo de especies, se elaboraron lineamientos generales que servirán de base para los tomadores de decisión relacionados con la arborización de aceras en áreas urbanas, para obtener beneficios ambientales, económicos y sociales; mejorando la capacidad de adaptación y resiliencia de las ciudades.

En el área de estudio se encontraron 301 individuos, 21 familias, 34 géneros y 37 especies; entre las cuales *Calophyllum brasiliense* es una de las que presentaron mayor incidencia en aceras con un 82.35% y *Magnolia champaca* obtuvo mayor problema con el alumbrado eléctrico en 53%. El secuestro bruto de carbono capturado del arbolado de San Salvador es 6.495 toneladas por año con un valor asociado de USD 1,046.37, y anualmente se producen 17.32 toneladas de oxígeno por año. Los bosques urbanos tienen un valor estructural basado en los mismos árboles (el costo de tener que reemplazar un árbol con otro similar), para el arbolado de San Salvador el valor estructural es de USD 548,081.72.

Palabras claves: Arbolado urbano, arborización en aceras, i-Tree Eco®, lineamientos, caracterización, servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

The research was carried out from November 2019 to December 2020 in the segment of Rubén Darío Street, 1st Poniente Street and Arce Street, from Spain Avenue and ending at 25 North Avenue, in the municipality of San Salvador. With coordinates $13^{\circ} 41'54''$ N $89^{\circ} 11'27''$ W; $13^{\circ} 42'01''$ N $89^{\circ} 12'21''$ W, with an area of 315,000 m² and an average elevation of 711 m.s.n.m.

The study consisted of the characterization of the trees on the sidewalks, the determination of the ecosystem services that they provide and the elaboration of guidelines for the arborization of sidewalks in urban areas. For the characterization of the trees, height parameters such as diameter at breast height, total height, and crown diameter, presence of pests, damage, phenological status, among others, were taken.

To determine the ecosystem services, the i-Tree Eco® program was used, developed by the Forest Service of the United States of America (USFS), which characterizes the structure of the urban forest, as well as quantifies and assess environmental services, facilitating the processing and analysis of field information, allowing the organization and control of trees in a given area; With the socioeconomic and environmental analysis of arborization, technical and legal aspects of species management, general guidelines were developed that will serve as a basis for decision makers related to arborization of sidewalks in urban areas, to obtain environmental, economic and social benefits. ; improving the adaptability and resilience of cities.

In the study area, 301 individuals, 21 families, 34 genera and 37 species were found; Among which *Calophyllum brasiliense* is one of those with the highest incidence on sidewalks with 82.35% and *Magnolia champaca* had the greatest problem with electric lighting in 53%. The gross sequestration of carbon captured from the trees of San Salvador is 6,495 tons per year with an associated value of USD 1,046.37, and 17.32 tons of oxygen are produced annually per year. Urban forests have a structural value based on the same trees (the cost of having to replace a tree with a similar one), for the trees of San Salvador the structural value is USD 548,081.72.

Keywords: Urban trees, sidewalk trees, i-Tree Eco®, guidelines, characterization, ecosystem services.

Agradecimiento

A Dios por permitirme culminar mi carrera y cumplir una de mis metas en mi vida.

A mi madre María Amparo de Aguilar, hermano Carlos Aguilar por sus consejos y apoyo durante toda mi carrera y a mi padre Armando Aguilar que, aunque ya no está con nosotros me brindó su apoyo desde el inicio de la carrera.

A Rosa Mirian de Asencio, Sergio Asencio, Elizabeth Asencio, Margarita Asencio y Vilma Asencio por su apoyo y ayuda.

Al proyecto City Adapt del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y FUNDASAL por el apoyo económico que nos brindó para llevar a cabo la investigación.

A nuestros asesores Ing. Luis Fernando Castaneda, Ing. Mauricio Tejada e Ing. Leyla Zelaya Alegría por su apoyo, paciencia y por transmitirnos sus conocimientos.

A la alcaldía de San Salvador y agentes del CAM por su acompañamiento durante la fase de campo de nuestra investigación.

A mi novio Josué Orantes por darme ánimos, apoyo y ayudarme durante mi formación profesional.

A mis primos Pedro Avelar, Gerardo Avelar, Analy Rincán y Marily Rincán por su ayuda y consejos.

A mi amigo Omar Ayala por sus consejos y brindarme su ayuda, a mis compañeras de tesis María Cruz y Nancy Salmerón por su aportación y ayuda que hicieron posible este logro.

Aguilar Rincán, Karla Nohemy

Dedicatoria

A Dios por darme sabiduría, salud y permitir la culminación de mi tesis.

A mis padres y hermano que me dieron educación, apoyo moral y económico en mis estudios.

A mi novio por sus consejos y ayuda.

Aguilar Rincán, Karla Nohemy

Agradecimiento

Todo se lo agradezco a Dios y a mis padres José María Cruz y María Jacinta Cruz, por todo su apoyo brindado durante este proceso y por los consejos que han servido para hacer las cosas correctas. Agradecer a mis hermanos, José María Cruz, Anibal Alexander Cruz, por su apoyo incondicional en este proceso de preparación. Así mismo agradezco de manera muy especial a mis tías Marta Julia y Angelica Regina, por apoyarme durante la carrera. A mi amada pareja Roberto Antonio Flores Ayala, y sus padres, por todo su apoyo, consejos y comprensión brindada durante este proceso.

Agradecer de una manera muy encarecida a mis asesores Ing. Agr. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero, Ing. Agr. M. Sc. José Mauricio Tejada Ascencio e Inga. Leyla Zelaya Alegría, por el compromiso que adquirieron durante el proceso de enseñanza, dando las orientaciones académicas oportunas para el buen desarrollo de las actividades de la investigación.

Al personal del Departamento de Recursos Naturales Medio Ambiente, proyecto City Adapt del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, FUNDASAL y de la Alcaldía de San Salvador, quienes facilitaron los recursos necesarios para llevar a cabo los procesos de análisis y toma de datos.

Al Ing. Agr. Nelson Bernabé Granados Alvarado, Ing. Agr. Abel Elexei Argueta Platero, Ing. Agr. M. Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla, Ing. Agr. José Rigoberto Quintanilla Gómez y al Dr. Ángel Miguel Hernández Martínez, por el apoyo que me han brindado durante todo mi proceso de formación profesional.

A mis amigas dentro de la Universidad, Gabriela Emeli Ayala, Yolanda del Carmen Huevo, Lidia Maribel Sánchez, Julia María Medina, y mis queridas amigas de tesis Nancy Salmerón y Karla Rincàn, con sus conocimientos para la elaboración de la investigación.

Cruz Cruz, María Elizabeth

Dedicatoria

A Dios, por darme la vida, bendecirme y cuidarme siempre en todo momento.

A mis padres y mi pareja Roberto Antonio Flores por su comprensión, apoyo moral, y económico.

A la Universidad de El Salvador por darme la dicha de estudiar y ser un profesional.

Cruz Cruz, María Elizabeth

Agradecimiento

Primeramente, a Dios por proveerme de coraje, sensatez y sabiduría para superar cada obstáculo que surgió en el camino y así poder lograr una de mis metas.

A mis padres Luis Eduardo Salmerón y Adela Rosario Rodríguez que me formaron con reglas, valores, principios y me motivaron constantemente a alcanzar mis sueños, son el pilar fundamental y un gran apoyo en mi formación académica.

A mis hermanos Jazmín, Luis, Diana, Milagro, ya que han sido mi apoyo en todo momento y mi ejemplo de lucha para alcanzar mis objetivos.

A mis sobrinitas Melisa y Fernanda que con su alegría me motivaron a seguir adelante.

A nuestros asesores de tesis, Ing. Luis Fernando Castaneda Romero, Ing. José Mauricio Tejada Asencio y la Ing. Leyla Zelaya Alegría que amablemente siempre estuvieron dispuestos con su conocimiento a guiarnos y ayudarnos para poder finalizar este proyecto.

A docentes y personal administrativo del departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente que siempre estuvieron dispuestos a facilitar herramientas de campo, compartir sus conocimientos con nosotras y amablemente nos ayudaron en todos los procesos administrativos necesarios para culminar este proyecto.

Al proyecto City Adapt del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y FUNDASAL, quienes apoyaron económicamente en todo el desarrollo de nuestra tesis.

A la alcaldía de San Salvador que ayudó con la logística para coordinar el apoyo en campo, los señores agentes de CAM que siempre estuvieron dispuestos con su ayuda a facilitar la realización de la fase de campo.

A mi casa de estudios, la Universidad de El Salvador, que me permitió formarme profesionalmente y me brindó las herramientas necesarias para lograr mis objetivos.

A mis amigos Gabriela Ayala, Yolanda Huezco, Lidia Sánchez, Julia Medina, Omar Ayala que siempre me apoyaron y animaron a continuar.

Gracias a mis amigas y compañeras de tesis María Cruz y Karla Rincan por su bonita amistad, su comprensión, esfuerzo y conocimientos aportados para poder culminar esta investigación.

Salmerón Rodríguez, Nancy Lizbeth

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño principalmente a Dios por darme la dicha de poder terminar una de mis metas propuestas en la vida.

A mis padres, hermanos y sobrinas que me brindaron siempre apoyo incondicional en todos los procesos que me llevaron hasta culminar esta etapa.

Salmerón Rodríguez, Nancy Lizbeth

Índice General.

Contenido	
RESUMEN	iv
1.INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Bosques urbanos y arborización urbana.....	2
2.2 Servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano.....	2
2.2.1 Beneficios climáticos.....	2
2.2.2 Aumento del confort.....	3
2.2.3 Beneficios al hábitat y la biodiversidad.....	3
2.2.4 Recursos hídricos.....	3
2.2.5 Beneficios a la salud.....	3
2.2.6 Bienes y servicios.....	4
2.3 Criterios para la selección del árbol a plantar en áreas urbanas (AES s. f.).....	4
2.4 Consideraciones para la plantación de árboles en aceras.....	5
2.5 Importancia de la fijación de carbono por medio de árboles.....	6
2.6 Estimación de biomasa en árboles.....	6
2.7 Ecurrimiento evitado.....	7
2.8 Eliminación de la contaminación.....	7
2.9 Adaptación basada en ecosistemas (AbE).....	8
2.10. Lineamientos generales para el establecimiento y manejo de especies arbóreas en zonas urbanas.....	8
2.10.1. Consideraciones básicas.....	8
2.10.2 Aspectos normativos de la ordenanza para la protección al patrimonio arbóreo del municipio de San Salvador.....	9
2.10.2.1 Generales.....	9
2.10.2.2 Relacionados a la siembra.....	9
2.10.2.3 Relacionados a las obligaciones de la alcaldía.....	10
2.10.2.4 Lineamientos generales.....	10
2.11. Recomendaciones para el establecimiento, manejo de árboles y especies ornamentales.....	13
2.12 Programa i-Tree®.....	16
3.MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Descripción del estudio.....	19
3.1.1 Ubicación de la investigación.....	19
3.2 Metodología de campo.....	19
3.2.1 Caracterización de las especies arbóreas.....	19
3.2.2 Determinación del flujo peatonal.....	22
3.2.3 Entrevista individual.....	24

3.3 Metodología estadística.	25
3.4 Metodología de laboratorio.	25
3.4.1. Integración de los datos del programa i-Tree Eco®.	26
3.4.2. Determinación de los servicios ecosistémicos.	27
3.4.3. Propuesta de lineamientos para el establecimiento y manejo de arbolado de aceras. ...	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	29
4.1. Caracterización de las especies arbóreas	29
4.1.1. Composición florística	29
4.1.2. Interacción con aceras, postes y tendido eléctrico	30
4.1.3. Requerimientos de manejo	33
4.1.4. Características fenológicas	36
4.1.5. Percepción ciudadana relacionada con los árboles en estudio.	38
4.2. Servicios ecosistémicos del arbolado	39
4.2.1. Características de los árboles en el área de estudio.	39
4.2.2 Cobertura del bosque urbano y área foliar	40
4.2.3 Eliminación de la contaminación del aire por árboles urbanos.	40
4.2.4 Almacenamiento y secuestro de carbono	41
4.2.5 Producción de oxígeno	41
4.2.6 Escurrimiento evitado.	41
4.2.7 Influencia de los árboles en el uso de la energía eléctrica en los edificios.	41
4.2.8 Valores estructurales y funcionales	42
4.2.9 Comparación de resultados con otras investigaciones:	43
4.3. Lineamientos generales para arborizar aceras.	44
4.3.1. Recomendaciones para el establecimiento especies.	44
4.3.2. Descripción de especies.	45
Características generales de las especies recomendadas.	45
5.CONCLUSIONES.	46
6.RECOMENDACIONES	47
7.BIBLIOGRAFÍA	48
8.ANEXOS	53
Anexo 1. Listado especies recomendadas para su plantación en áreas urbanas (aceras).	54
Anexo 2.	55
Características generales de las especies recomendadas.	55

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Propiedades de los cruces peatonales encuestados	23
Cuadro 1. Composición florística del área muestreada	29
Cuadro 2. Listado de árboles que causan conflicto con tendido eléctrico y aceras	31
Cuadro 3. Listado de árboles que necesitan manejo agronómico	34
Cuadro 4. Listado de árboles que necesitan manejo agronómico	35
Cuadro 5. Listado de árboles con flores y frutos	37
Cuadro 6. Comparación de resultados con otras investigaciones.	44

Índice de Figuras

Figura 2. GPS Marca Garmin.	20
Figura 3. Identificación de especies arbóreas.	21
Figura 4. Toma de datos en campo.	21
Figura 5. Hipsómetro marca NIKON y cinta diamétrica marca LEICA.	22
Figura 6. Toma de flujo peatonal.	23
Figura 7. Croquis de intersecciones	23
Figura 8 Ilustración del área de espera. Fuente: Sadeghpour <i>et al</i> 2016.	24
Figura 9. Entrevistas a los transeúntes.	25
Figura 10. Análisis e incorporación de datos al programa i-Tree Eco®.	26
Figura 11. Daño de acera por raíces <i>Swietenia humilis</i> en la calle Rubén Darío.	33
Figura 12. Daño de tendido eléctrico por ramas <i>Calophyllum brasiliense</i> en la calle Rubén Darío .	33
Figura 13. Ubicación del arbolado en aceras en el área de estudio.	43

1.INTRODUCCIÓN

El arbolado urbano contribuye a la sostenibilidad a mejorar la calidad de vida en las zonas urbanas estableciendo un patrimonio verde y natural de las ciudades. Además de embellecer el paisajismo en las calles, aceras, desempeñando un rol importante en la mitigación del cambio climático.

Entre los servicios ambientales se destacan su uso estético, funcional, depuración de contaminantes atmosféricos como las partículas suspendidas totales, lo cual inclusive repercute en una mejor salud de los habitantes de la zona; así como la producción de oxígeno, regulación de la temperatura e incremento de la humedad relativa, sombra, protección al suelo y hábitat a la fauna.

Para garantizar el éxito de cualquier programa de arborización, se deben tener en cuenta lineamientos que abarcan diversos aspectos como la altura sobre el nivel del mar, precipitación, temperatura promedio, topografía, características del suelo entre las cuales se menciona pH promedio, latitud y tipo, dimensiones del espacio público que se arborizará. En este mismo orden es recomendable para la selección correcta de las especies a plantar, tener en cuenta algunos criterios generales básicos, como: ecológicos, paisajísticos, sociales y urbanísticos.

El objetivo del estudio fue la caracterización, valoración de los servicios ecosistémicos por medio del programa i-Tree Eco® en el área de estudio de la ciudad de San Salvador, El Salvador; y la elaboración de lineamientos generales para el establecimiento y manejo de especies en aceras.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bosques urbanos y arborización urbana.

El bosque urbano se conforma de los árboles y vegetación que se encuentra a lo largo de las aceras de calles y avenidas, en los parques, jardines, cementerios, derechos de vía y en las zonas cercanas a las ciudades que están bajo la influencia de los habitantes y actividades urbanas (Benavides 1989).

La arborización urbana es definida como “el manejo de los árboles para su contribución al bienestar fisiológico, sociológico y económico de la sociedad urbana. Tiene que ver con los bosques, otras agrupaciones menores de árboles y los árboles individuales presentes allí donde vive la gente”. Cuando se habla de plantar árboles en las ciudades, el termino más correcto a utilizar es el de arborización en espacios públicos y privados; sea en plazas, áreas recreativas, frentes y fondos de escuelas y colegios, casas y centros comerciales, cualquier lugar donde exista espacio suficiente para plantar y cuidar un árbol. En el caso de la reforestación, se realiza en zonas agrícolas o boscosas que han sufrido algún impacto y requieran de ser reforestadas (Barboza 2016).

La Organización Mundial para la Salud (OMS) citado por MADES (2019), recomienda un mínimo de 10 m² de áreas verdes por habitante en las ciudades. Estas recomendaciones se deben a los numerosos beneficios que otorgan las áreas verdes y la arborización urbana. Estos espacios son también áreas de recreación donde pueden desarrollarse actividades entre las cuales se mencionan: encuentros deportivos, conciertos, ferias o simplemente pasar un día en familia.

2.2 Servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano.

2.2.1 Beneficios climáticos

-Reduce la temperatura: aumenta la superficie de sombra logrando disminuir el efecto del calor urbano producido por el concreto y asfalto (Benavides 1989).

-Los árboles son esenciales para mejorar el clima, creando un microclima agradable alrededor de ellos. Los árboles estratégicamente colocados pueden reducir la temperatura del aire de entre 2 a 8 grados Celsius, además de que pueden reducir la necesidad de uso energético de hasta el 30% en las casas y edificios que resguardan.

-Absorción de CO₂: las plantas captan CO₂ y lo metabolizan en azúcares y otros compuestos necesarios para su desarrollo vegetativo a través de la fotosíntesis. Son, por lo tanto, captadoras y almacenadoras de carbono, lo cual ayuda a combatir el cambio climático (Benavides 1989).

2.2.2 Aumento del confort

-Disminuye los contaminantes atmosféricos: los contaminantes gaseosos en el aire generalmente son captados por las hojas, mientras que otras partículas suelen ser retenidas en la superficie de la planta.

-Reducción de la contaminación acústica: el follaje y estructura formados por las plantas amortiguan las ondas sonoras producidas por vehículos, fábricas, lugares de fiestas, entre otros.

-Protegen contra la radiación solar: al generar sombra, protegen a la fauna y la flora, así como a las personas de los rayos del sol (Benavides 1989).

2.2.3 Beneficios al hábitat y la biodiversidad

-Disminución de la erosión del suelo: la presencia de árboles en la ciudad reduce la velocidad y volumen de las escorrentías ya que interceptan el agua proveniente de las lluvias.

-Aumento de la biodiversidad: el arbolado urbano actúa como fuente de recursos y refugio para varias especies de fauna y flora (Benavides 1989).

2.2.4 Recursos hídricos

-Conservación y captación de agua: la transpiración producida por los árboles genera vapor de agua que se convierten en nubes. Las raíces permiten la infiltración del agua de lluvia contribuyendo positivamente al ciclo del agua. Protegen y conservan las aguas superficiales y subterráneas facilitando la absorción, purificación e infiltración de estas (Benavides 1989).

2.2.5 Beneficios a la salud.

-Disminución del estrés: los árboles y espacios verdes disminuyen los síntomas del estrés en las personas. Contemplar la naturaleza, tiene efectos positivos importantes en la capacidad de relajación y la disminución de la presión arterial. Adicionalmente la

realización de ejercicios en áreas verdes tiene doble impacto positivo sobre el estado de salud físico y mental de las personas.

-Proporcionan áreas para la recreación: las áreas verdes son importantes sitios para la recreación de los habitantes y el desarrollo de actividades físicas y deportes, aumentando así el estado de salud de las personas (Benavides 1989).

2.2.6 Bienes y servicios.

-Tangibles como madera, frutos comestibles.

-Intangibles como sombra, confort térmico, belleza escénica (MADES 2019).

La FAO citado por MADES (2019) menciona algunos beneficios que brinda el arbolado urbano, entre los que están:

- ✓ Los árboles proporcionan alimentos, como frutas, frutos secos y hojas.
- ✓ Además, la leña se puede usar para cocinar y calentar.
- ✓ Los árboles colocados de manera adecuada en torno a los edificios reducen las necesidades de aire acondicionado en un 30% y ahorran entre un 20% y un 50% de calefacción.
- ✓ Proporcionan hábitat, alimentos y protección a plantas y animales, aumentando la biodiversidad urbana.

El paisajismo, especialmente con árboles, puede incrementar el valor de un inmueble un 20%.

2.3 Criterios para la selección del árbol a plantar en áreas urbanas (AES s. f.).

- Altura máxima de crecimiento hasta 7 metros.
- Follaje apropiado para dejar sombra y de fácil manejo de poda.
- Poseer una tasa de crecimiento baja (es decir, al realizar poda su crecimiento es pausado y permite ciclos de poda más prolongados en el tiempo).
- Fácil manejo en el cuidado para su desarrollo.
- Aptos para el ambiente de ciudad en cuanto a ornato y aspectos generales.

- La especie seleccionada sea de fácil acceso a semillas o adquisición de cada tipo de árbol.

2.4 Consideraciones para la plantación de árboles en aceras.

- La plantación de árboles en las vías requiere de una mirada a lo largo, ancho y alto de los lados para situar el árbol a una distancia correcta de los elementos que lo rodean.
- Los árboles o palmeras cuya altura máxima es de 7 metros, deben ser plantados a 13 metros de distancia de los postes del tendido eléctrico.
- Los arbustos cuya altura no sobrepasa los 1.5 metros de alto pueden ser plantados debajo de las líneas eléctricas (AES s. f).
- Para el caso de árboles de alineación, es necesario considerar ciertas restricciones espaciales propias del modelo, destacando por una parte la importancia de la relación ancho de la acera con el diámetro a la altura del cuello (DAC), y por otra, la distancia de plantación, los árboles pequeños (menos de 6 m de altura y especies de crecimiento vertical), se deben distanciar entre 4 y 6 m (Alvarado *et al.* 2014).
- Es necesario establecer algunas distancias mínimas de acuerdo con las interferencias.
- Una distancia mínima que considerar entre la copa del árbol y la línea del edificio en fachada o balcones es de 0.50 m, así como también que la distancia mínima entre el eje del árbol y la fachada no sea inferior a 2.5 m para árboles de porte mediano. Además, considerar un espacio libre de mínimo 1.50 m para la libre circulación accesible y sin obstáculos.
- Se debe tener en cuenta que las copas pueden entrar en conflicto con los límites del vecino si no considera una distancia adecuada de plantación. El límite del terreno debe considerarse como una barrera que no debe invadirse para evitar problemas con las edificaciones vecinas. Esto además debe considerarse a la hora del mantenimiento del árbol ya que no debe invadirse la propiedad del otro para cuidar la especie.
- El árbol que se decida plantar en las aceras debe respetar el espacio destinado a la circulación y el uso peatonal.

- La altura libre mínima desde el suelo hasta donde aparezcan las primeras ramificaciones no debe ser inferior a 4.5 m evitando interferir con los automóviles y transporte público, permitiendo al conductor y al peatón visualizar perfectamente el tránsito.
- De contar una bici -senda en la calle, es recomendable que los árboles se encuentren a una distancia mínima de 0.90 m del carril.
- Para evitar conflictos con la iluminación o semáforos la distancia mínima recomendable es de 4.5 m del eje del árbol.
- Para evitar conflictos con las señalizaciones, lo ideal es colocar las señales verticales a 2.00 m del árbol como mínimo (MADES 2019).

2.5 Importancia de la fijación de carbono por medio de árboles.

La emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, derivado del uso de combustibles fósiles (petróleo y sus derivados) y de la deforestación y degradación de los suelos, es la principal causa de estos cambios en el clima del planeta. Las plantas, a través de la fotosíntesis, absorben el CO₂ de la atmósfera y lo fijan como carbono en su biomasa (madera, hojas, ramas, raíces). La permanencia de este carbono en la biomasa vegetal depende del ciclo de vida de las plantas (Andrade y Segura 2008).

A través de la fotosíntesis que realizan las hojas, el árbol atrapa el CO₂ de la atmósfera y lo convierte en oxígeno puro, enriqueciendo y limpiando el aire que respiramos. Se estima que una hectárea con árboles sanos y vigorosos produce suficiente oxígeno para 40 habitantes de la ciudad. Un bosque de una hectárea consume en un año todo el CO₂ que genera la carburación de un vehículo en ese mismo período. Los incendios forestales liberan mucho CO₂ a la atmósfera, por lo que el buen manejo forestal y la reforestación, reducen estos niveles de CO₂, almacenando carbón en las raíces, el tallo y las ramas del árbol y liberando oxígeno puro en el aire a través de los estomas (GDF *et al.* 2000).

2.6 Estimación de biomasa en árboles.

La estimación adecuada de la biomasa de un bosque es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes y, representa la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera, o conservado y

fijado en una determinada superficie cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero. Existen métodos directos e indirectos para estimar la biomasa de un bosque. El método directo consiste en cortar el árbol y pesar la biomasa directamente, determinando luego su peso seco. Una forma de estimar la biomasa con el método indirecto es a través de ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión entre las variables colectadas en terreno y en inventarios forestales. También se puede estimar la biomasa a través del volumen del fuste, utilizando la densidad básica para determinar el peso seco y un factor de expansión para determinar el peso seco total. Un método indirecto para estimar biomasa es por medio del uso de ecuaciones alométricas de la forma $Y=a*X^b$ con transformación logarítmica e incluyen variables de diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro de tocón (DAT) y altura total (HT) (Schlegel 2001).

La estimación adecuada de la biomasa de un bosque es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes. Representa la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera, o conservado y fijado en una determinada superficie cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero (USFS 2021).

2.7 Escurrimiento evitado.

El escurrimiento superficial puede ser causa de preocupación en muchas áreas urbanas ya que puede contribuir a la contaminación de arroyos, humedales, ríos, lagos y océanos. Durante los eventos de precipitación, cierta cantidad se ve interceptada por la vegetación (árboles y matorrales) mientras que la otra alcanza el suelo. La cantidad de la precipitación que llega al suelo y no se filtra se vuelve escurrimiento superficial (USFS 2021).

2.8 Eliminación de la contaminación.

La vegetación presente en las zonas urbanas puede mitigar la contaminación atmosférica, principalmente del Dióxido de carbono (CO₂), ya que gracias al proceso de la fotosíntesis se produce un intercambio gaseoso; donde se captura CO₂ y se libera oxígeno. Las partículas en suspensión contaminantes del aire pueden ser captadas y acumuladas en la superficie de las hoja, tallos y troncos de la vegetación (USFS 2021).

2.9 Adaptación basada en ecosistemas (AbE)

Consiste en utilizar la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia general de adaptación con el fin de ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Los ecosistemas sanos desempeñan un papel esencial en el aumento de la resiliencia de las personas frente al cambio climático. Sin embargo, el cambio climático puede incidir negativamente en la capacidad de los ecosistemas para ofrecer servicios que sustenten la vida y proteger a la sociedad de factores de estrés relacionados con el clima. En consecuencia, la adaptación al cambio climático debe fortalecer la resiliencia tanto de las comunidades como de los ecosistemas. La adaptación basada en los ecosistemas (AbE), el uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas para adaptarse a los efectos adversos del cambio climático ofrece esas soluciones de adaptación. Las iniciativas de AbE también contribuyen a la mitigación del cambio climático, mediante la reducción de las emisiones netas resultantes de la degradación de los ecosistemas y el aumento del secuestro de carbono (ONU 2017).

AbE contempla un amplio rango de acciones que habitualmente han sido usadas para la conservación y la gestión ambiental tales como:

1. Manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales con enfoque comunitario.
2. Manejo del paisaje.
3. Ampliación de corredores biológicos.
4. Declaratorias de áreas protegidas (Alvares *et al.* 2018).

2.10. Lineamientos generales para el establecimiento y manejo de especies arbóreas en zonas urbanas.

2.10.1. Consideraciones básicas.

Para la elaboración de los lineamientos que se presentan a continuación se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Los resultados obtenidos en el inventario realizado en el área de estudio de la ciudad de San Salvador.

- Decreto n°59, 2010. Ordenanza. Ordenanza para la protección del patrimonio arbóreo del municipio de San Salvador
- El instructivo para el cultivo de especies ornamentales en áreas urbanas publicado por el MAG en el diario oficial en fecha del 16 de junio de 2004.
- Los resultados de investigaciones realizadas en otros países como fichas descriptivas de 52 plantas ornamentales que se comercializan en la Huasteca Potosina México, entre otros.
- Las características o criterios ecológicos de las especies tales como el hábito de crecimiento, requerimientos climáticos, poda, entre otros.

2.10.2 Aspectos normativos de la ordenanza para la protección al patrimonio arbóreo del municipio de San Salvador.

La alcaldía municipal de San Salvador menciona los siguientes aspectos normativos de la ordenanza para la protección patrimonio arbóreo.

2.10.2.1 Generales

Toda persona natural o jurídica que realice acciones de siembra, poda o tala de árboles en el espacio público del municipio, está sujeta al cumplimiento de las disposiciones de esta ordenanza, así como aquellas personas cuyos bienes arbóreos privados afecten negativamente el bienestar o la seguridad de otras personas y/ o de sus bienes. Por tanto, los propietarios, arrendatarios o poseedores de inmuebles a cualquier título, que pretendan sembrar, podar o talar ejemplares arbóreos dentro de los mismos y que tales ejemplares formen parte de un perfil urbanístico dado, estarán igualmente regulados por las disposiciones de la presente ordenanza.

2.10.2.2 Relacionados a la siembra

La presente ordenanza establece como especies restringidas a las que sean de difícil manejo y considerable tamaño ya que estas pueden generar inconvenientes en las áreas construidas de su entorno; también las que dependan del espacio en donde puedan ubicarse, debido a que de esto dependerá su adecuado desarrollo, si se llegan a autorizar especies de este tipo estas deberán adecuarse a las condiciones de manejo adecuado y mantenimiento necesarias con el objeto de evitar posteriores daños a la

especie misma o a su entorno urbano, solo así será otorgado el permiso de siembra o plantación.

2.10.2.3 Relacionados a las obligaciones de la alcaldía.

La alcaldía, a través de su oficina de coordinación de parques y zonas verdes, en cada uno de los distritos, así como cualquier otra instancia municipal involucrada en la protección del medio ambiente, tiene la obligación de proteger por todos los medio posibles, las especies vegetales ya plantadas en el área urbana de la capital, evitando su tala ilegal o poda desmesurada, tanto por personas particulares como por empresas de todo tipo y buscar soluciones creativas mediante diseños de perfiles especiales, para el paso confiable de peatones y vehículos. Así mismo, dicha dependencia deberá coordinar con las empresas constructoras para que la entrega de las zonas verdes se haga cumpliendo con las disposiciones de esta ordenanza en lo relativo a su arborización y vegetación general (Decreto n°59 2010).

2.10.2.4 Lineamientos generales.

- Selección de especies: se debe hacer de acuerdo con las características del sitio, como la temperatura y la disposición hídrica.

La selección de la calidad de la planta al momento de la adquisición es de vital importancia para mejorar el éxito de la plantación, esta reside en la observación y elección de las características morfológicas más adecuadas. Las características de calidad de la planta en vivero a considerar son las siguientes:

- Individuo representativo de las características de la especie (forma, tamaño y coloración del tallo)
 - Planta de aspecto vigoroso y saludable
 - Libre de plagas, enfermedades y daños
 - Libre de daños mecánicos
 - Tallo fuerte y vigoroso capaz de mantenerse por sí solo (Alvarado *et al.* 2014).
- Algunas condicionantes estructurales para seleccionar especies urbanas son:
 - Vitalidad: ¿Es susceptible a plagas? ¿Cuánto durará este árbol?
 - Área: ¿Cuánto espacio tiene para el árbol? ¿A lo alto, ancho y subsuelo?
 - Crecimiento: ¿Cuánto tarda en crecer, florecer y fructificar?

- Tamaño: ¿Qué tan alto y ancho crecerá este árbol?
- Silueta: ¿Cuál es la forma final del árbol?
- Soporte: ¿Forma y profundidad raíces?
- Requerimientos: ¿Cuáles son las necesidades específicas de suelo, agua, viento, luz, resistencia al volcamiento? (DAGMA 2008).
- Elementos para considerar evitar hacer cuando se escogen las especies adecuadas para plantar en áreas urbanas:
 - Construir y ocupar la zona verde con cemento y otros materiales.
 - Plantar plantas en macetas, para eso está la zona verde.
 - Plantar especies de árboles de porte alto grandes o muy frondosos en las zonas cerca a residenciales o de muy poco espacio. Los árboles y las personas van a sufrir, van a levantar las aceras, pueden llegar a tapar los desagües y cañerías. No olvidar además el tamaño final del árbol adulto, además del impacto de sus raíces. Los árboles van a electrificarse con el tendido eléctrico o pueden ser podados antiestético y finalmente causarle la muerte por la entrada de patógenos.
 - Plantar árboles frutales grandes en espacios no adecuados. A pesar de su importancia, su plantación genera molestias y posibles daños con una cosecha inadecuada o discordias entre vecinos.
 - Ensayar o probar con plantar especies exóticas extranjeras o especies traídas de ecosistemas diferentes al de la zona, pueden traer plagas y enfermedades.
 - Plantar especies anuales o de ciclo corto que mueren o se deterioran rápidamente. (Alcaldía de Santiago de Cali 2008).
- Ubicación de las especies según el área urbana a ornamentar:

Si son aceras o áreas cercanas a semáforos, paradas de buses, bajo cables eléctricos o señales luminosas:

- Se puede plantar árboles de porte pequeño y follaje disperso, preferiblemente arbustos o setos para las áreas donde este el cableado eléctrico. Se pueden plantar al tres bolillos, en hilera o en hilera continua; de manera que se permita la visibilidad de las diferentes señales de tránsito tanto como para el peatón y los medios de transporte (Acuerdo n°730 2004).

- La altura libre mínima desde el suelo hasta donde aparezcan las primeras ramificaciones no debe ser inferior a 1m evitando interferir con los automóviles y transporte público, permitiendo al conductor y al peatón visualizar perfectamente el tránsito (MADES 2019).
- Si se decide plantar una especie de gran tamaño bajo el tendido eléctrico, habría que considerar un individuo que, mediante poda, presente posibilidades de conducción de la forma de la copa o se recomienda no utilizar por ningún motivo, especies de crecimiento piramidal o columnar en dichos lugares.
- Una distancia mínima que considerar entre la copa del árbol y la línea del edificio en fachada o balcones es de 0.50 m, así como también que la distancia mínima entre el eje del árbol y la fachada no sea inferior a 2.5 m para árboles de porte mediano. Además, en la vereda/acera se debe considerar un espacio libre de mínimo 1.50 m. para la libre circulación accesible y sin obstáculos (MADES 2019).
- En los parques de la ciudad y dependiendo de la funcionalidad, del espacio: recreación, ornamentación, se recomiendan árboles de porte alto y copa ancha, sembrados a una distancia de entre 20 a 25 metros, ya que se requiere buena iluminación natural además de favorecer al usuario que se recrea o practica deportes (MADES 2019).
- En áreas pequeñas, zonas triangulares o de intersección de vías, sitios donde se presenta un gran tráfico vehicular, no se recomienda plantar árboles sino realizar jardines con especies herbáceas (MADES 2019).
- Época de siembra o plantación: Siempre será preferible plantar árboles con las mejores condiciones climáticas, las cuales se dan al inicio de la temporada de lluvia cuando ya hay buena humedad y disponibilidad de agua en el suelo, en otra época se debe disponer de riego adicional. Es bueno conocer las necesidades y tolerancia de las especies escogidas en las condiciones extremas del clima, principalmente la temporada de mayor sequía (Alcaldía de Santiago de Cali 2008).

2.11. Recomendaciones para el establecimiento, manejo de árboles y especies ornamentales.

Transporte:

Para disminuir el estrés hídrico y asegurar que las hojas, tallos y raíz no sufran daños mecánicos durante el traslado se toman en cuenta las siguientes medidas:

- Humedecer el pilón de raíces antes del transporte sin excederse.
- Proporcionar protección y soporte al tallo.
- Evitar levantar la planta desde el tallo (para plantas en bolsa o macetas)
- Proteger las plantas con malla respiratoria antes del transporte (malla raschel)

(Alvarado *et al.* 2014)

Recomendaciones de plantación:

Ornamentales, árboles y arbustos

Se puede realizar en cualquier época del año siempre que se cuente con riego. Antes de cavar el hoyo de plantación se debe eliminar la mayor cantidad de pasto o malezas que se encuentren en el sitio para evitar competencia por agua, nutrientes o luz, sobre todo si las plantas miden menos de 40 cm. (Alvarado *et al.* 2014)

Para determinar la profundidad de la perforación del suelo es necesario medir la altura del pilón que deberá ser exactamente a la misma profundidad. Las raíces crecerán más fácilmente en suelos sueltos, lo que agilizará el crecimiento de la planta. Cortar las raíces que muestren síntomas de estrangulamiento para evitar un mal sistema radicular en el futuro (Alvarado *et al.* 2014)

En suelos con poco drenaje o alta compactación, las plantas deben ser plantadas de 2 a 4 pulgadas más altas que la profundidad original, moldear bien los bordes de la ahoyadura de siembra para que el terreno no esté muy suelto y expuesto. (Polomski *et al.* 2015)

Rellenar el hoyado de siembra con una mezcla de suelo de 10 a 20 por ciento de compost y luego compactar para eliminar espacios de aire en el suelo. Para crear un acolchado de forma eficiente se debe aplicar de 2 a 3 pulgadas de colchón o mantillo de materiales orgánicos ya sea hojarasca, corteza de árboles con madera dura y hojas trituradas en el área donde se ha plantado la planta. No dejar que el colchón o mantillo toque el tronco o tallo para reducir la probabilidad del desarrollo de raíces adventicias. El acolchonado evita el crecimiento de malezas, retiene humedad, modera la temperatura del suelo, y

eventualmente incorpora material orgánico y contribuye a controlar la erosión del suelo. (Polomski *et al.* 2015).

Recomendaciones de riego:

Ornamentales

Procura que el suelo se mantenga siempre húmedo en sus capas superficiales, procurando no hacer charcos al regar. El riego se debe de hacer cada tres días por semana con profundidad, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar y realizarse en horas frescas del día ya sea por la mañana o tarde tras la puesta del sol. Los ejemplares recién plantados, incluso los de especies resistentes a la sequía, necesitan humedad constante durante el primer año (Gómez 2017).

En épocas de calor y mucho sol es mejor regar poco a poco, pero con más frecuencia, mientras que en los meses de invierno reducir los riegos. Para un mejor tratamiento del suelo, hay que distribuir el riego por zonas distintas cada vez y hacerlo con agua templada la cantidad de riego es de 2 a 3 litros de agua por planta (Gómez 2017).

Árboles y arbustos

La frecuencia con la que se debe regar generalmente es de 2 a 3 veces por semana, considerando de 3 a 5 litros de agua en épocas de calor moderado, aumentando esta cantidad en casos de calor excesivo. Los riegos deben realizar de preferencia por la tarde o noche para disminuir la evaporación del agua y son indispensables durante el primer año de la plantación (Alvarado *et al.* 2014).

Para los primeros años de la plantación realizar placeado alrededor de la planta que permitirá que el agua no escurra y se concentre en el pan de raíces, que es donde más se necesita durante los primeros años post plantación. Consiste en formar un área con borde firme de tierra generalmente de unos 5 a 10 cm de alto y del ancho de la ahoyadura, rodeando todo el perímetro de la planta formando una circunferencia. Además de ayudar a retener el agua, sirve para delimitar el espacio de la planta y así evitar que se dañen con mal uso de orilladoras, cortadoras de pasto u otras herramientas (Alvarado *et al.* 2014).

Evitar el exceso de riego para no reducir el espacio del aire en el suelo, lo cual provoca estrés al igual que la sequía. Por esta razón, antes de regar asegúrese de que el árbol lo necesita. Las buenas prácticas de riego hacen que las plantas se establezcan más rápido,

lo que ayuda a que la planta se torne más resistente a sequías, plagas y enfermedades. (Alvarado *et al.* 2014).

Recomendación para fertilizar:

Se deben aplicar solo cuando las plantas lo necesitan y estén listas para absorber los nutrientes con sus raíces.

Ornamentales

Abonar las plantas con fertilizante rico en nitrógeno para su crecimiento y fósforo para su floración. Cuando las plantas empiezan a desarrollarse con mayor vigor es el momento de empezar a fertilizarlas, tomando en cuenta la época ideal que es a finales del invierno. Una planta con las raíces dañadas o podridas no se debe abonar hasta que se recupere.

Aplicar sulfato de potasio o fórmula 15-15-15 en cantidades de 0.5 g por planta y se realizará una vez al año solo si la planta lo necesita (Gómez 2017).

Árboles y arbustos

Si son plantados en suelos fértiles, no requieren de mucha fertilización. En la mayoría de los casos los fertilizantes son malinterpretados y se le tiende a dar mal uso.

La aplicación de fertilizantes en los primeros años del establecimiento o el trasplante del árbol o arbusto puede acelerar el crecimiento y ayudar a las plantas jóvenes a llegar al tamaño deseado en el paisaje. Si los arbustos o arboles están creciendo en un césped que es fertilizado frecuentemente, no hay necesidad de aplicar fertilizantes al árbol o arbusto de forma separada, ya que las raíces de los árboles o arbusto van a absorber el mismo fertilizante aplicado al césped (Polomski *et al.* 2004).

Aplicar fórmula 16-4-8, 12-6-6 ó 2-4-8 alrededor de la raíz, con una cantidad de 0.6g por planta. Los fertilizantes se deben aplicar solo cuando la planta los necesita y cuando las plantas estén listas para absorber los nutrientes con sus raíces. (Polomski *et al.* 2004)

La mejor época del año para aplicar fertilizantes es a principios del verano si las condiciones son apropiadas para el crecimiento de la planta. Evitar fertilizar los árboles y arbusto cuando sufren de estrés hídrico durante los meses de verano y evite aplicar fertilizante si no tiene una fuente de agua disponible para regar después de fertilizar. Si no se le aplica agua justo luego de fertilizar no vas a activar los nutrientes (Polomski *et al.* 2004).

Podas:

Ornamentales, árboles y arbustos

Deben realizarse a finales del invierno porque no se interviene en el crecimiento debido a que no hay una necesidad de producción de savia y se reduce el riesgo de diseminación de hongos que puede entrar en la zona afectada (ANSL 2013).

Las podas contribuyen a la regulación del crecimiento radicular, desarrollo de las raíces, regulan la altura de la copa, suprimen ramas mal orientadas, reducen el riesgo de plagas y enfermedades o accidentes y se realiza con el fin de evitar problemas para el árbol (eliminar elementos dañados, ramas rotas o secas o chupones) o por el hecho de que su crecimiento sea motivo de posibles inconvenientes como la interrupción de líneas eléctricas. Para la selección de la poda, debe tomarse en cuenta la observación para evaluar qué tipo de poda se realizará son:

- Descortezado: retiro de tejidos que conducen savia de una rama o arbusto, con el propósito de provocar su muerte.
- Poda de carácter liviano: “Se realiza cuando el grado de afectación del árbol es leve y consiste en eliminar partes del material vegetal (ramas, tallos y raíces) secos, enfermos, mal formados o que signifiquen obstáculos”.
- Poda de carácter severo: “Se realiza cuando el grado de afectación del árbol es grave y es necesario eliminar todo o gran parte del material vegetal correspondiente a la copa, en función de su recuperación vegetativa”.
- Poda de saneamiento: “Eliminación de ramas muertas o enfermas que constituyen un reservorio de insectos perjudiciales y enfermedades. También se realiza con el propósito de eliminar ramas invadidas por las plantas parásitas o epífitas”.
- Poda de seguridad: Se realiza para prevenir daños a personas, viviendas, instalaciones de servicios públicos o privados”.
- Poda de formación: “Se realiza para darle un crecimiento recto, para que se forme más compacto o ralo, consiste en cortar las ramas laterales, terminales o situadas en el interior de la copa según sea el caso”.
- Poda ornamental: “Se realiza para dar formas artificiales, a la copa del árbol” (MADES 2019).

2.12 Programa i-Tree ®

i-Tree® es un software desarrollado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos, que proporciona herramientas de análisis de evaluación de la silvicultura urbana y sus

beneficios. Las herramientas de i-Tree® ayudan a las comunidades a fortalecer sus esfuerzos en el manejo forestal y en desarrollo urbano sostenible, mediante la cuantificación de la estructura de los árboles de la trama y los servicios ambientales que brindan.

Desde el lanzamiento inicial del programa i-Tree® en agosto de 2006, numerosas comunidades, organizaciones sin ánimo de lucro, consultores, voluntarios y estudiantes, han utilizado i-Tree® para informar sobre árboles singulares, barrios, ciudades, e incluso los estados o regiones enteras. Este programa permite la comprensión de los servicios de los ecosistemas locales y tangibles que brindan los árboles; los usuarios de i-Tree® pueden vincular las actividades de manejo forestal urbano con la calidad ambiental y calidad de vida del ámbito. Tanto si su interés es un solo árbol o un bosque entero, i-Tree® proporciona datos de referencia que se puede utilizar para tomar decisiones más eficaces.

El programa permite caracterizar la estructura del bosque urbano, así como cuantificar y valorar los servicios ambientales que provee. Para determinar con precisión la cuantificación y valoración de los servicios ambientales generados por el bosque urbano, es necesaria la realización de inventarios de arbolado, que incluyan su diagnóstico. Existen diversos modelos de i-Tree: Canopy; Design; Hydro; Landscape; Streets; Eco.

El modelo i-Tree Eco® utiliza datos compilados en campo de inventarios totales de árboles o de parcelas asignadas al azar, así como la información de clima y contaminantes atmosféricos, para estimar las características estructurales de la población arbórea y los servicios ecosistémicos que provee.

. A través del programa i-Tree ® se podrá conocer y estimar:

- ✓ Estructura: composición de especies, número de árboles, densidad y condición de salud del arbolado, entre otros.
- ✓ Carbono: reservorio de carbono total del arbolado y la tasa de captura de carbono anual.
- ✓ Reducción de contaminantes (calidad del aire): cantidad de contaminantes (O₃, NO₂, SO₂, CO y PM_{2.5}) removidos por hora por el arbolado y el porcentaje asociado al mejoramiento de la calidad del aire a lo largo del año.
- ✓ Control de escurrimientos: cantidad de escurrimientos controlados y los atribuidos a cada especie arbórea y estrato.

- ✓ Bioemisiones: compuestos volátiles orgánicos (COV) por hora a nivel de género o especie.
- ✓ Valoración: estimación del valor económico de los servicios ambientales que provee el arbolado.

Pronósticos: modela el crecimiento de los árboles y del bosque urbano en el tiempo; considera factores como la mortalidad, tasa de crecimiento, nuevas plantaciones e impactos de plagas y enfermedades. Además, permite estimar en el tiempo el reservorio de carbono y la remoción de contaminantes (González

2017).

3.MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Descripción del estudio.

3.1.1 Ubicación de la investigación.

La investigación se realizó en la ciudad de San Salvador, en el segmento formado por tres calles: calle Rubén Darío, 1ª calle poniente y la calle Arce, desde la avenida España y finalizando en la 25 avenida norte cerca del parque Cuscatlán, municipio de San Salvador, departamento de San Salvador (figura 1), con coordenadas 13.69809 N, -89.19163 O; 13.7014 N, -89.20461 O, con un área de 351,000 m² y una elevación promedio de 711 m.s.n.m. con precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura anual de 22° a 27° C, humedad relativa de 82% y una velocidad del viento de 15 km/h. La zona de vida en el área recibe la clasificación de Bosque Húmedo Subtropical (bh-ST(c)), el cual presenta una temperatura entre los 22° a 27°C (MARN 2015).

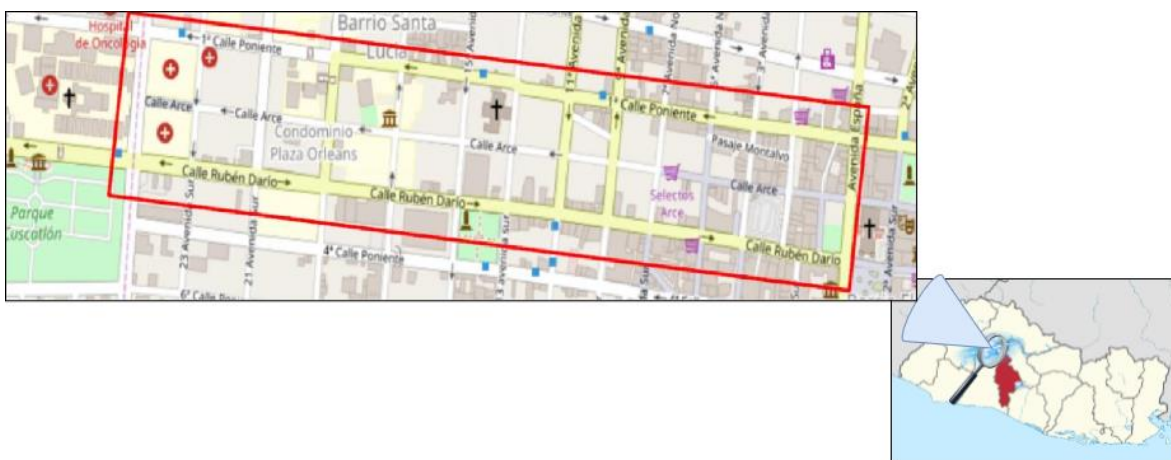


Figura 1. Ubicación del área de estudio en San Salvador.

3.2 Metodología de campo

3.2.1 Caracterización de las especies arbóreas

Esta fase se inició de octubre a diciembre 2020, con un recorrido general por la zona de estudio, con el apoyo del personal de la municipalidad de San Salvador, a fin de conocer

las condiciones generales del sitio y las especies existentes, para definir las estrategias de trabajo y los aspectos metodológicos para la recopilación de la información.

Para registrar la información de la caracterización de las especies, se utilizó una hoja de campo, en la cual se incluyen datos morfológicos, fenológicos y dasométricos. Se tomaron en cuenta sólo los árboles (mayores a 5 cm de diámetro), debido a que son considerados los elementos estructurales más relevantes de la vegetación urbana, ya que además de las funciones estéticas, son los que cumplen las funciones ambientales más importantes; asimismo, debido al carácter perenne de ellos, son los que reflejan en mayor medida las buenas o malas prácticas de manejo aplicadas en las áreas verdes. El programa i-Tree Eco® que fue el que se utilizó para valorar los servicios ecosistémicos, toma en cuenta árboles con troncos mayores a 5 cm de grosor; además incluye la altura de los árboles, su distribución, campos relacionados a las estructuras del área urbana. Las variables evaluadas y el equipo utilizado para la caracterización de las especies se describen a continuación:

a) Número de referencia y coordenadas geográficas: cada árbol se le asignó un número de referencia con sus respectivas coordenadas geográficas en la base de datos. Se utilizó un GPS, marca Garmin (figura 2).



Figura 2. GPS Marca Garmin.

b) Identidad taxonómica del árbol: cada árbol se identificó con su nombre común, nombre científico y familia. Aquellas especies que no se identificaron en el sitio, se identificaron con el apoyo del personal técnico de la alcaldía y docentes de la Universidad de El Salvador (figura 3).



Figura 3. Identificación de especies arbóreas.

c) Dimensiones del árbol: se registraron con el diámetro del fuste o tronco a una altura de 1.3 m del suelo, altura total y las características de la copa (figura 4). El diámetro del fuste y la altura total del árbol, frecuentemente, son usados como indicadores de los costos de manejo (por ejemplo, los precios de poda o remoción usualmente se basan en el diámetro de la planta). Para la medición de los diámetros, se utilizó una cinta diamétrica marca LEICA; y para la medición de altura se utilizó un hipsómetro marca NIKON (figura 5).



Figura 4. Toma de datos en campo.



Figura 5. Hipsómetro marca NIKON y cinta diamétrica marca LEICA.

d) Estado físico del árbol.

Raíz: condición de raíz a nivel superficial.

Fuste: condiciones biofísicas (presencia de epifitas, bromelias, nidos, otros) y morfológicas.

Copa: características morfológicas, físicas, sanidad.

Fenología: estado fenológico. (estado actual del árbol con observaciones en frutos, flores, ramas y follaje).

e) Porcentaje de superficie impermeable, copa expuesta a la luz; estos datos se tomaron con análisis visual en cada especie con base al área superficial del árbol y su incidencia con la acera y edificios.

f) Afectación de infraestructura: daño en alcantarillas, aceras, techos, tendido eléctrico, viviendas, entre otros.

g) Aspectos sobre el manejo: recomendaciones de manejo en base a la observación y análisis del estado de cada árbol.

h) Archivo fotográfico: fotografías tomadas en campo para la base de datos.

3.2.2 Determinación del flujo peatonal.

Se tomó de base la metodología aplicada en Estambul (Sadeghpour *et al* 2016), la recopilación de datos sobre el flujo peatonal se realizó en seis cruces peatonales (CP) diferentes en el área de interés (figura 6). Los pasos de peatones se seleccionaron en función del flujo peatonal de cruce en las calles: baja (0-400 peatones / h), moderada (400-1000 peatones / h) y alta (más de 1000 peatones / h) (figura 7). El número de identificación es un número único de cada cuadra existente en cada Cruce Peatonal de la ciudad, dado por la Alcaldía Municipal de San Salvador. El cuadro 1 muestra los seis cruces peatonales inspeccionados con caudal bajo y alto en cada calle interceptada.



Figura 6. Toma de flujo peatonal



- Flujo alto
- Flujo bajo

Figura 7. Croquis de intersecciones

Cuadro 1. Propiedades de los cruces peatonales encuestados

Caudal Peatonal	Paso de Peatones	Tipo de Intersección	Calle Interceptada
Bajo	CP1	Mitad de la acera	1° calle poniente
Alto	CP2	Cruce peatonal	1° calle poniente
Bajo	CP3	Mitad de la acera	calle Arce
Alto	CP4	Cruce peatonal	calle Arce
Bajo	CP5	Mitad de la acera	calle Rubén Darío
Alto	CP6	Cruce peatonal	calle Rubén Darío

Fuente: adaptado de Sadeghpour *et al* 2016.

Todos los datos se recopilaron en días laborables, en horas no pico durante 1 hora en cada intersección, por tres observadores ubicados simultáneamente en ambos lados del paso de peatones y equipado con cronómetros. Los observadores cuantificaron la llegada de peatones a su área de espera considerada como se indica en la figura 8. Mientras tanto, se registró el tiempo de los ciclos del paso peatonal.

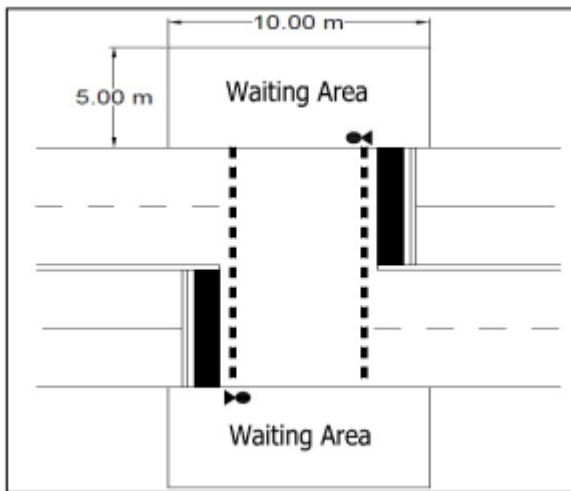


Figura 8 Ilustración del área de espera. Fuente: Sadeghpour *et al* 2016.

3.2.3 Entrevista individual.

La entrevista se realizó a los residentes, transeúntes y los trabajadores de la zona de estudio en base al dato del flujo peatonal para la toma de muestra del universo en el área. En la entrevista se incluyeron preguntas relacionadas al arbolado de la zona y el conocimiento de las personas, asimismo su importancia, y opinión de mejoras en el área de estudio (figura 9).



Figura 9. Entrevistas a los transeúntes.

3.3 Metodología estadística.

Se utilizó la estadística descriptiva para el procesamiento y tabulación de parámetros físicos del arbolado. Se utilizó el programa i-Tree Eco® y Excel 2010.

3.4 Metodología de laboratorio.

Toda la información obtenida en campo se incorporó en una base de datos de Excel, para hacer el procesamiento y análisis respectivo, se ordenaron y validaron los datos requeridos por el programa i-Tree Eco®, para obtener los productos finales (figura 10).

Estas etapas se realizaron en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Para lograr una mejor comprensión del programa i-Tree Eco® y su utilización, se realizó previamente, un taller teórico-práctico con el apoyo de un especialista del Instituto Tecnológico de Puerto Rico, desarrollándose la fase práctica en las instalaciones de la Ciudad Universitaria y en el laboratorio de SIG de la Escuela de Posgrado.



Figura 10. Análisis e incorporación de datos al programa i-Tree Eco®.

3.4.1. Integración de los datos del programa i-Tree Eco®

Con la información que se obtuvo en campo, se realizó una base de datos en Excel, y luego se realizó lo siguiente:

- Procesamiento e incorporación de los datos de campo registrados en los formularios para elaboración de una base de datos en el programa i-Tree Eco®, correspondientes a los árboles en el área de estudio:
 - Fecha del levantamiento.
 - Brigada.
 - Uso del suelo.
 - Estado del árbol.
 - Género y especie.
 - Información sobre: Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), altura total, tamaño de copa, ancho de copa, exposición de copa a la luz, mantenimiento recomendado, conflicto con aceras, conflicto con servicios públicos).
 - Plagas.
 - Coordenadas.

Además, se realizó la integración de fotografías de los árboles con sus respectivos ID en carpetas.

- Verificación de datos del arbolado en el programa: se realizó una revisión de datos en el programa i-Tree Eco® para corroborar que no hubiera ningún error en la

integración de la información al reporte elaborado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos.

- Se enviaron los datos verificados en el programa i-Tree Eco®, al Servicio Forestal de los Estados Unidos.
- Se recibió el reporte de los datos en el programa i-Tree Eco®, emitido por el Servicio Forestal de los Estados Unidos con su respectivo informe final.

3.4.2. Determinación de los servicios ecosistémicos.

Para la determinación de servicios ecosistémicos, se utilizó el programa i-Tree Eco®, un software creado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos, que ofrece un análisis de bosques urbanos a través de herramientas que cuantifican los servicios ecosistémicos. Esta emplea los datos dendrométricos obtenidos en la caracterización del arbolado, para cuantificar y asignar un valor monetario a los beneficios ambientales y estéticos anuales de los árboles, incluyendo la conservación de energía, la mejora de la calidad del aire, la reducción de dióxido de carbono, el control de aguas pluviales, y los aumentos en el valor de las propiedades.

A través del programa se determinó lo siguiente:

- Estructura del bosque urbano: composición de especies, número de árboles, densidad y condición de salud del arbolado.
- Carbono: reservorio de carbono total del arbolado y la tasa de captura de carbono anual.
- Reducción de contaminantes (calidad del aire): cantidad de contaminantes (O₃, NO₂, SO₂, CO y PM_{2.5}) removidos por hora por el arbolado y el porcentaje asociado al mejoramiento de la calidad del aire a lo largo del año.
- Control de escurrimientos: cantidad de escurrimientos controlados y los atribuidos a cada especie arbórea y estrato.
- Bioemisiones: compuestos volátiles orgánicos (VOC por sus siglas en inglés) por hora a nivel de género o especie.
- Valoración: estimación del valor económico de los servicios ambientales que provee el arbolado.

Los servicios ecosistémicos se obtuvieron en base al informe del programa i-Tree Eco® del Servicio Forestal de los Estados Unidos, “Análisis del ecosistema Arbolado de San Salvador Efectos y valores del bosque urbano abril 2021”. Para estimar la cobertura vegetal el programa tomó el número de árboles y lo dividió entre el área total, el reporte muestra los resultados en graficas de barras y cuadros.

El programa i-Tree Eco® se enfoca en la estructura y servicios ecosistémicos de la población de árboles manejados por el ornato municipal. Cuantifica el valor monetario anual de los beneficios (ambientales y estéticos) de árboles en las calles: energía, calidad de aire, reducción de carbono, control de escorrentía, valor de la propiedad.

Todo esto se complementa con la información de la caracterización de los árboles y de las encuestas que se hicieron a la población de la zona, respecto a la percepción sobre los beneficios que proporcionan los árboles, lo cual sirvió para proponer recomendaciones a los tomadores de decisión responsables de la administración de las áreas verdes de la ciudad.

3.4.3. Propuesta de lineamientos para el establecimiento y manejo de arbolado de aceras.

Para definir los lineamientos, se realizaron las siguientes actividades:

- a) Revisión y análisis de la información obtenida de la caracterización del arbolado del área de estudio: tipo de crecimiento, origen, características de las raíces, tipo de copa, requerimientos/respuesta a podas, provisión de sombra/flores/alimentos, afectación de infraestructura, opinión de ciudadanos, entre otros.
- b) Análisis de los servicios ambientales y el valor económico de los árboles del área de estudio, obtenido con el programa i-Tree Eco®.
- c) Revisión de investigaciones similares en otras ciudades del país o la región, analizando los lineamientos en otros países para tomar como base en la propuesta de arborización en aceras.
- d) Revisión de lista oficial del Ministerio de Agricultura y Ganadería, para retomar los aspectos y criterios de la propuesta de lineamientos.
- e) Revisión bibliográfica sobre especies forestales, ornamentales y otras que se utilizaron para la creación de los lineamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Caracterización de las especies arbóreas

4.1.1. Composición florística

La composición florística de la zona de estudio está integrada por 301 individuos, comprendidos en 21 familias, 34 géneros y 37 especies, los cuales se muestran en el cuadro 1. De las especies encontradas el 3% son nativas y el 97% son exóticas.

Cuadro 1. Composición florística del área muestreada

Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de individuos
Bignoniaceae	<i>Tabebuia donnell smithii</i>	“cortez blanco”	4
	<i>Tabebuia rosea</i>	“maquilishuat”	6
	<i>Tecoma stans</i>	“san andrés”	3
Fabaceae	<i>Inga punctata</i>	“guamita”	1
	<i>Andira inermis</i>	“almendro de río”	3
	<i>Pithecellobium dulce</i>	“mangollano”	1
	<i>Cassia grandis</i>	“carao”	1
	<i>Acacia mangium</i>	“mangium”	1
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	“almendro de playa”	10
Dilleniaceae	<i>Magnolia champaca</i>	“magnolia del himalaya”	100
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	“veranera”	2
Arecaceae	<i>Dypsis lutescens</i>	“palmera egipcia”	35
	<i>Brahea salvadorensis</i>	“palmera de rancho”	1
	<i>Roystonea regia</i>	“palmera regia”	1
	<i>Cocos nucifera</i>	“cocotero”	2
	<i>Adonidia merrilli</i>	“palmera miami”	25
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	“barío”	17
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	“jocote”	3
	<i>Mangifera indica</i>	“mango”	3
	<i>Anacardium occidentale</i>	“marañón”	1

Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	“nance”	1
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	“naranja”	2
Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i>	“caoba”	4
Borraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	“laurel ”	10
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>	“uva de playa”	1
Annonaceae	<i>Polyalthia longifolia</i>	“polyalta”	4
Cupressaceae	<i>Thuja occidentale</i>	“tuya”	1
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i>	“chilindrón”	2
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	“amate negro”	1
	<i>Ficus benjamina</i>	“laurel de la india”	37
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito.</i>	“caimito”	3
Sapindaceae	<i>Blighia sapida</i>	“seso vegetal”	1
Myrtaceae	<i>Callistemon citrinus</i>	“calistemo limpiatubos”	2
	<i>Psidium guajava</i>	“guayabo”	1
	<i>Syzygium cumini</i>	“cerezo de belice”	3
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	“arrayan”	7
Chrysobalanaceae	<i>Couepia poliandra</i>	“zapotillo”	1
Total de especies			301

La familia con mayor número de individuos es Dileniácea y dentro de esta fue: *Magnolia champaca* con 100 árboles plantados; entre las familias con solo un árbol de plantación, están: Malpighiaceae, Polygonaceae, Cupressaceae, Sapindaceae, Chrysobalanaceae.

4.1.2. Interacción con aceras, postes y tendido eléctrico

Una cantidad significativa de los árboles que se encuentran en el área de estudio, están causando algún daño a las aceras y al tendido eléctrico.

El 46.18% causan problemas con cables del tendido eléctrico debido a su tamaño, entre las especies que más predominan son *Magnolia champaca* con 53 árboles; *Calophyllum brasiliense* con 12, *Dyopsis lutescens* con 12 palmeras plantadas y *Ficus benjamina* con 10. El 13.95% causa conflicto en aceras: entre las especies con mayor predominación son *Calophyllum brasiliense* con 14, *Tabebuia donnell smithii* y *Swietenia humilis* ambos con 4,

los cuales son especies maderables no recomendadas para la arborización en aceras por el tamaño de sus raíces y follaje causando daño a las aceras. Entre las especies con menor predominación; como *Ficus cotinifolia* se puede considerar plantarlo, mientras se le brinde el mantenimiento adecuado de poda para controlar su crecimiento (cuadro 2 y gráfico 1). Para la arborización se debe seguir ciertos criterios para la selección de las especies que se adecuen a la zona urbana. Según Alvarado *et al.* 2014. Elegir plantar un árbol en acera se debe prestar atención al tipo de raíz, el tamaño de los árboles, el origen y si la especie es fructífera o no. En espacios públicos no se debe plantar especies con frutos pesados, porque pueden causar accidentes a los peatones, dañar los cables eléctricos y el pavimento.

Cuadro 2. Listado de árboles que causan conflicto con tendido eléctrico y aceras

Especie	Cantidad			
	Tendido eléctrico	%	Aceras	%
<i>Ficus benjamina</i>	10	27	3	8.1
<i>Swietenia humilis</i>	4	100	4	100
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	100	1	100
<i>Mangifera indica</i>	2	66.66	1	33.33
<i>Calophyllum brasiliense</i>	12	70.58	14	82.35
<i>Syzygium cumini</i>	2	66.66	2	66.66
<i>Coccoloba uvifera</i>	1	100	1	100
<i>Cordia alliodora</i>	2	20	1	10
<i>Pithecellobium dulce</i>	1	100	1	100
<i>Acacia mangium</i>	1	100	1	100
<i>Thevetia peruviana</i>	1	50	1	50
<i>Blighia sapida</i>	1	100	1	100
<i>Couepia polyandra</i>	1	100	1	100
<i>Andira inermis</i>	3	100	2	66.66
<i>Polyalthia longifolia</i>	4	100	1	25
<i>Tabebuia rosea</i>	6	100	3	50
<i>Tabebuia donnell smithii</i>	4	100	4	100
<i>Tecoma stans</i>	2	66.66	0	0

<i>Callistemon citrinus</i>	1	50	0	0
<i>Psidium guajava</i>	1	100	0	0
<i>Citrus sinensis</i>	2	100	0	0
<i>Terminalia catappa</i>	1	10	0	0
<i>Spondias purpurea</i>	1	33.33	0	0
<i>Magnolia champaca</i>	53	53	0	0
<i>Adonidia merrilli</i>	1	100	0	0
<i>Brahea salvadorensis</i>	1	100	0	0
<i>Cocos nucifera</i>	2	100	0	0
<i>Adonidia merrilli</i>	5	20.83	0	0
<i>Roystonea regia</i>	1	100	0	0
<i>Dyopsis lutescens</i>	12	34.28	0	0
Total	139		42	

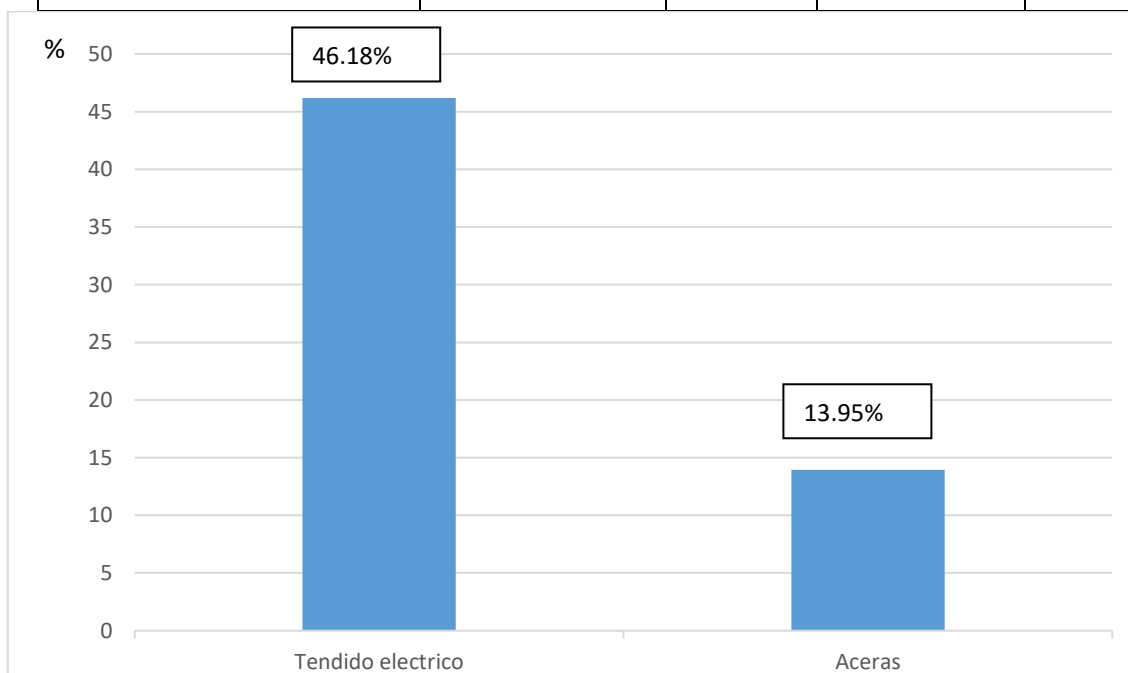


Gráfico 1. Porcentaje de árboles que causan problemas en aceras y tendido eléctrico

Las raíces de árboles de gran tamaño causan el levantamiento en las aceras dañando su estructura y causando accidentes en los transeúntes que circulan en la zona (figura 11), es posible afirmar que también pueden causar averías en las estructuras subterráneas como las tuberías.



Figura 11. Daño de acera por raíces *Swietenia humilis* en la calle Rubén Darío

Los árboles que crecen demasiado y no son podados dañan al tendido eléctrico (figura 12), presentando un peligro a los transeúntes y pueden contribuir a generar cortes de energía.



Figura 12. Daño de tendido eléctrico por ramas *Calophyllum brasiliense* en la calle Rubén Darío

4.1.3. Requerimientos de manejo

Una cantidad significativa de los árboles que se encuentran en el área de estudio requieren diferentes tipos de manejo agronómico (cuadros 3 y 4, gráfico 2). El 60.13 % manejo de poda debido al tamaño de su follaje que interfiere con el tendido eléctrico, reduce el espacio entre cada árbol y por deformaciones en su crecimiento. Se encontró: *Magnolia champaca* con 73 árboles, *Calophyllum brasiliense* con 17 y *Dypsis lutescens* con 14 palmeras plantadas; El 46.51% requiere fertilización ya que presentan deficiencias en su crecimiento y desarrollo, en algunos se refleja en la pigmentación de sus hojas. Las especies con mayor necesidad de manejo en cuanto a fertilización son *Magnolia champaca* con 57, *Adonidia*

merrilli con 23 y *Ficus benjamina* con 15. El 16.61% está afectado por acumulación de basura a sus alrededores o por maleza de gran tamaño y el 15.95% requiere de riego.

Cuadro 3. Listado de árboles que necesitan manejo agronómico

Especies	Poda	%	Fertilización	%	Limpieza	%	Riego	%
<i>Adonidia merrilli</i>	6	24	23	92	5	20	7	28
<i>Dyopsis lutescens</i>	14	40	11	31.43	5	14.29	19	54.29
<i>Ficus benjamina</i>	10	27	15	40.54	6	16.22	6	16.22
<i>Magnolia champaca</i>	73	73	57	57	14	14	15	15
<i>Spondias purpurea</i>	2	66.66	0	0	3	100	1	33.33
<i>Terminalia catappa</i>	5	50	6	60	5	50	0	0
<i>Tecoma stans</i>	2	66.66	3	100	1	33.33	0	0
<i>Tabebuia rosea</i>	5	83.33	2	33.33	2	33.33	0	0
<i>Citrus sinensis</i>	1	50	2	100	1	50	0	0
<i>Thevetia peruviana</i>	2	100	0	0	1	50	0	0
<i>Tabebuia donnell smithii</i>	4	100	1	100	1	25	0	0
<i>Swietenia humilis</i>	4	100	0	0	1	25	0	0
<i>Calophyllum brasiliense</i>	17	100	5	29.41	2	11.76	0	0
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	0	0	6	85.71	1	14.29	0	0
<i>Anacardium occidentale</i>	0	0	0	0	1	100	0	0
<i>Mangifera indica</i>	2	66.66	1	33.33	0	0	0	0
<i>Coccoloba uvifera</i>	1	100	1	100	0	0	0	0
<i>Cordia alliodora</i>	9	90	1	10	0	0	0	0
<i>Psidium guajava</i>	1	100	1	100	0	0	0	0
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	100	1	100	0	0	0	0
<i>Cassia grandis</i>	1	100	1	100	0	0	0	0
<i>Callistemon citrinus</i>	1	50	1	50	0	0	0	0
<i>Thuja occidentale</i>	0	0	1	100	0	0	0	0

<i>Bougainvillea glabra</i>	0	0	2	100	0	0	0	0
<i>Cocos nucifera</i>	2	100	0	0	0	0	0	0
<i>Couepia polyandra</i>	1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysophyllum cainito.</i>	1	33.33	0	0	0	0	0	0
<i>Byrsonima crassifolia</i>	1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Polyalthia longifolia</i>	4	100	0	0	0	0	0	0
<i>Blighia sapida</i>	1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Roystonea regia</i>	1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Brahea salvadorensis</i>	1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Andira inermis</i>	3	100	0	0	0	0	0	0
<i>Syzygium cumini</i>	3	100	0	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium dulce</i>	1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Acacia mangiun</i>	1	100	0	0	0	0	0	0
Total	181		141		49		48	

El 10.96% necesita control de plagas y enfermedades. Entre las especies se encuentran: *Magnolia champaca*, *Dyopsis lutescens* y *Adonidia merrila*. Una de las especies más susceptible es *Magnolia champaca* con 16 (grafico 2). Según Ayma 2021, se deben seleccionar especies que logren sobrevivir a los cambios y contaminantes ambientales urbanos.

Cuadro 4. Listado de árboles que necesitan manejo agronómico

Control de plagas y enfermedades		
Especie	Cantidad	%
<i>Ficus benjamina</i>	1	2.70
<i>Syzygium cumini</i>	1	33.33
<i>Tabebuia donell smithi</i>	1	25
<i>Mangifera indica</i>	1	33.33

<i>Swietenia humilis</i>	2	50
<i>Terminalia catappa</i>	2	20
<i>Adonidia merrilli</i>	1	100
<i>Magnolia champaca</i>	16	16
<i>Citrus sinensis</i>	1	50
<i>Anacardium occidentale</i>	1	100
Total	27	

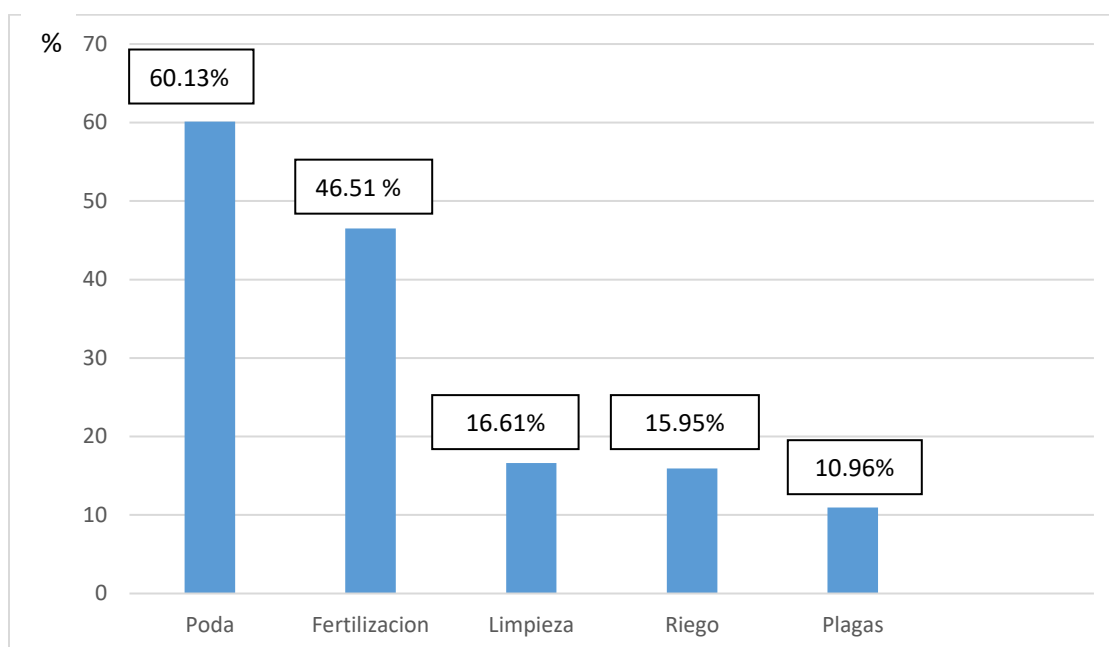


Gráfico 2. Porcentaje de árboles que requieren diferentes tipos de manejo agronómico

4.1.4. Características fenológicas

De los 301 árboles encontrados en el área de estudio, 80 tienen flores, esto equivale al 26.58% del total de las especies, con un atractivo visual y mejoran el paisaje. Entre ellas se encontró con mayor predominancia: *Magnolia champaca* con 61 árboles y *Terminalia catappa* con 5. (61% y 50% respectivamente).

El 15.61% representa 47 árboles con frutos, beneficiando a especies silvestres que habitan en la zona en su alimentación. Con mayor predominancia se encuentra *Magnolia champaca* con 29 y *Terminalia catappa* con 5, (cuadro 5 y gráfico 3). Sin embargo, son especies no

recomendadas para la arborización en acera por sus características fisionómica y estructurales, como el caso de *Cocos nucifera* por producir frutos pesados puede causar accidentes a las personas que circulan en la zona. Ayma 2021, recomienda no plantar sin ningún tipo de criterio, es necesario seleccionar especies apropiadas para evitar pérdida de tiempo, recursos.

Cuadro 5. Listado de árboles con flores y frutos

Especie	Cantidad			
	Flores	%	Frutos	%
<i>Cocos nucifera</i>	2	100	2	100
<i>Adonidia merrilli</i>	2	8.33	1	4.16
<i>Terminalia catappa</i>	5	50	5	50
<i>Thevetia peruviana</i>	2	100	1	50
<i>Roystonea regia</i>	1	100	1	100
<i>Syzygium cumini</i>	1	33.33	1	16.66
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1	14.29	2	28.57
<i>Magnolia champaca</i>	61	61	29	29
<i>Tabebuia rosea</i>	0	0	1	16.66
<i>Ficus benjamina</i>	0	0	1	2.70
<i>Dyopsis lutescens</i>	0	0	1	2.86
<i>Citrus sinensis</i>	0	0	1	50
<i>Brahea salvadorensis</i>	0	0	1	100
<i>Calophyllum brasiliense</i>	3	17.64	0	0
<i>Bougainvillea glabra</i>	1	50	0	0
<i>Couepia polyandra</i>	1	100	0	0
Total	80		47	

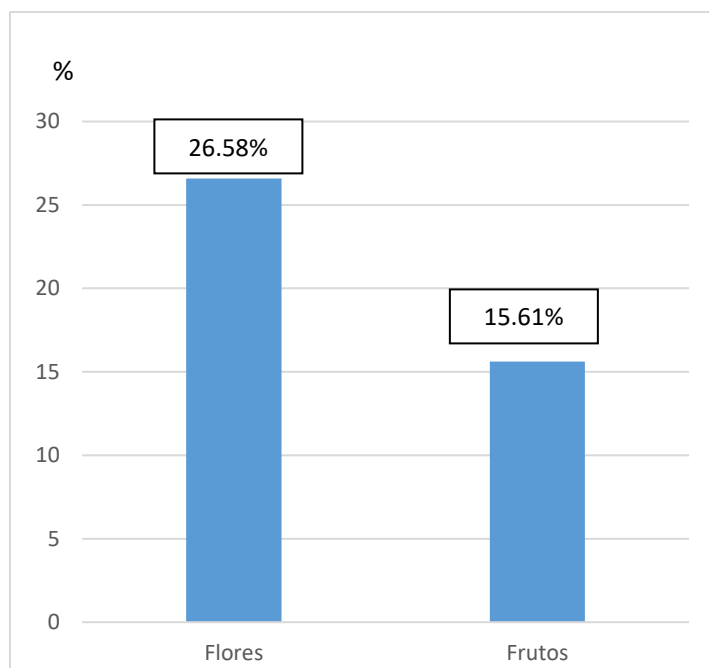


Gráfico 3. Porcentaje de árboles con flores y frutos

4.1.5. Percepción ciudadana relacionada con los árboles en estudio

La opinión de la población sobre las especies arbóreas que se encuentran en las aceras en la zona de estudio es muy importante, debido a que ayuda a tener un mayor conocimiento y conciencia sobre las especies. A continuación, se describen los aspectos generales obtenidos de la consulta realizada con las personas.

Con respecto a la importancia de los árboles para las personas, el 54.5% de los entrevistados indicaron que purifican el aire; el 11.4% manifestó que son fuente de vida al proporcionar alimento por medio de sus frutos, el 10.2% reducción de escorrentía ya que captan mayor cantidad de agua a través de sus raíces, mientras que el 23.9% indicó que son importantes para otro tipo de funciones; sin embargo también mencionaron que estas especies no son las más adecuadas para plantar en aceras por el tamaño de raíces y altura.

Con relación a los beneficios que brinda el arbolado, el 38.7% opinó que la sombra es de mayor importancia, ya que disminuyen la intensidad de los rayos solares; el 25.8% consideran la alimentación que proporcionan; el 6.7% el aporte a la recreación porque

proveen un agradable ambiente y zonas de descanso; el 28.8% por la regulación de clima disipando el calor.

El 59.1% indicó que benefician a animales silvestres como aves, ardillas, algunos insectos por medio del hábitat y protección, el 40.9% por la floración ya que mejoran el paisajismo del lugar.

En relación con los problemas que les ha causado el arbolado urbano, el 50% indicó, que afectan la infraestructura de aceras y el otro 50% que obstruye calles.

El 35.4% recomienda realizar podas ya que interfieren con sus ramas y follaje por su tamaño; el 33.7% realizar un control, manejo de plagas y enfermedades, algunos árboles se encuentran dañados por plaga y enfermedad; mientras que el 30.9% regarlos en verano por la falta de humedad en el suelo.

La altura que recomiendan para el arbolado urbano, un 77% sugirieron que sea de 6 m; el 19.4% opina que 3 m y el 3.6% de 7 m.

Los árboles con mayor preferencia a plantar en aceras con un 71.5% son los frutales; el 9.1% maderables; el 7.6% medicinales, mientras que el 11.8% prefieren especies ornamentales y aromáticas.

4.2. Servicios ecosistémicos del arbolado

4.2.1. Características de los árboles en el área de estudio.

El bosque urbano de las 3 calles de San Salvador tiene 301 árboles (figura 13), solo el 46% está ocupado por el área foliar esto equivale a 1.48 h del área total de estudio en donde también se toma en cuenta el espacio de afluencia vehicular y peatonal con un 54%; del porcentaje total del área foliar, solo el 4.22% es de área verde saludable, debido a que se consideró el espacio de copa faltante y copa muerta en cada especie.

Las especies más comunes son *Magnolia champaca* (33.6 %), *Ficus benjamina* (12.0%) y *Dyopsis lutescens* (11.6%). El aumento en la diversidad de los árboles puede minimizar el impacto general o la destrucción por un insecto o enfermedad específica de una especie, pero también puede presentar un riesgo para las plantas nativas si algunas de las especies

exóticas son plantas invasivas con el potencial de ser más competitivas y desplazarlas. Las especies de plantas introducidas a menudo se caracterizan por su vigor, habilidad de adaptarse, capacidad de reproducción y falta general de enemigos naturales. Dichas habilidades les permiten desplazar a las plantas nativas y convertirlas en una amenaza para las áreas naturales (USFS 2021).

4.2.2 Cobertura del bosque urbano y área foliar

Muchos beneficios de los árboles corresponden directamente con la cantidad de área superficial saludable de las hojas de las plantas. El 100% de la cobertura del área de las copas de los 301 árboles, solo el 46% está ocupado por área foliar, esto equivale a 1.48 ha de área verde. Del área total de estudio solo un 4.22% es de área verde (USFS 2021).

4.2.3 Eliminación de la contaminación del aire por árboles urbanos

Se estima que los árboles eliminaron 63.51 libras de la contaminación del aire ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), material particulado menor a 2.5 micrones ($PM_{2.5}$), y dióxido de sulfuro (SO_2) con un valor asociado de USD 4.69/ año.

En 2020, los árboles del área de estudio de San Salvador emitieron aproximadamente 36.64 libras/año de los compuestos orgánicos volátiles (COV) (26.72 libras de isopreno y 9.925 libras de monoterpenos). Las emisiones varían entre las especies con base en las características de las mismas (por ejemplo, algunos géneros como los robles son altos emisores de isopreno) y la cantidad de biomasa de las hojas, 29% de las emisiones de COV del bosque urbano fueron de *Calophyllum brasiliense* y *Acacia mangium*. Estos COV son sustancias químicas precursoras de la formación de ozono (USFS 2021).

La mala calidad del aire es un problema común en muchas áreas urbanas. Puede conducir a la disminución de la salud humana, dañar los materiales del paisaje y los procesos de los ecosistemas y reducir la visibilidad. El bosque urbano puede ayudar a mejorar la calidad del aire reduciendo la temperatura del aire, eliminando directamente los contaminantes del aire y reduciendo el consumo de energía de los edificios, que por consiguiente reduce las emisiones de los contaminantes del aire de las fuentes eléctricas. Los árboles también emiten compuestos orgánicos volátiles que pueden contribuir a la formación de ozono, sin embargo, los estudios integrados dan a conocer que el aumento en la cobertura de los árboles conduce a una menor formación de ozono. La eliminación de la contaminación por

árboles en San Salvador se calculó usando datos de campo y contaminación del aire de la estación meteorológica, estado del tiempo.

4.2.4 Almacenamiento y secuestro de carbono

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera capturándolo en el crecimiento nuevo cada año. Esta cantidad anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles. El secuestro bruto de los árboles del área de estudio de San Salvador es de 6.495 toneladas con un valor asociado de USD 1,046.37/año. Se calcula que 313 toneladas de carbono (USD 49,825.61) se encuentran almacenadas; de las especies encontradas, *Magnolia champaca* captura y secuestra la mayor cantidad (aproximadamente 78.1% y 51.1% respectivamente).

4.2.5 Producción de oxígeno

La producción de oxígeno es uno de los beneficios de los árboles urbanos más comúnmente citados. El oxígeno anual producido de un árbol está directamente relacionado con la cantidad de carbono secuestrado por árbol, la cual está vinculada con la acumulación de biomasa. Se calcula que el arbolado de San Salvador produce 17.32 toneladas de oxígeno al año.

4.2.6 Escurrimiento evitado

Los árboles ayudan a reducir el escurrimiento por 3.28 m³ al año con un valor asociado de USD 7.37 (USFS 2021). El escurrimiento evitado se calculó en base a las condiciones meteorológicas de la localidad de la estación meteorológica de Ilopango interpolada con datos de la estación meteorológica del estado de Tuxtla Gutiérrez (México), ya que ambas presentan características similares en cuanto temperatura, altura sobre el nivel del mar, precipitación, y fauna.

4.2.7 Influencia de los árboles en el uso de la energía eléctrica en los edificios.

Según el Servicio Forestal de Estados Unidos (USFS), se calcula que el arbolado reduce los costos relacionados con la energía de los edificios residenciales por USD 961.63 anualmente. Los árboles también brindan un USD 326.85 adicional en valor, al reducir la cantidad de carbono liberado por las centrales eléctricas basadas en combustibles fósiles (una reducción de 1.96 toneladas de las emisiones de carbono).

Los árboles modifican el clima, producen sombra y reducen la velocidad de los vientos. La reducción en el uso de la energía y en los costos, se deben en gran medida a interacciones entre los árboles y edificios creando un efecto enfriador durante la temporada de calor. Por ejemplo, un árbol (particularmente de una especie siempre verde) localizado en el lado sur de un edificio residencial puede producir un efecto de sombra, lo que ocasiona una reducción en las necesidades de enfriamiento (USFS 2021).

4.2.8 Valores estructurales y funcionales

Los bosques urbanos tienen un valor estructural basado en los mismos árboles (por ejemplo, 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. El valor estructural del bosque urbano tiende a subir cuando aumenta el número y tamaño de los árboles saludables.

Los árboles en estudio de San Salvador tienen los siguientes valores:

Estructurales:

- Carbono almacenado: 313 toneladas/año (USD 49,825.61/año)
- Valores estructurales: USD 548,081.72

Funcionales:

- Secuestro de carbono: 6.495 toneladas (USD 1,046.37/año)
- Ecurrimiento superficial: 116.2 pies cúbicos/año (USD 7.37/año)
- Eliminación de la contaminación: 63.51 libras/año (USD 4.69/año)
- Ahorros de energía de edificios: USD 961.63/año (USFS 2021).



Figura 13. Ubicación del arbolado en aceras en el área de estudio.

4.2.9 Comparación de resultados con otras investigaciones:

El valor de un servicio ecosistémico en un área geográfica, es específica de un contexto dado y no puede simplemente extrapolarse a otras áreas, por lo que hace difícil las comparaciones entre estudios de otros países (Guarín *et al.* 2015).

La comparación entre ciudades debe hacerse con precaución, ya que hay muchas características de una ciudad que afectan la estructura y las funciones del bosque urbano (USFS 2021).

Investigaciones realizadas en Mérida estado de Yucatán, México, utilizando el programa i-tree (cuadro 6) en un área aproximadamente 10 veces más grande que la de esta investigación, tiene un porcentaje de cobertura arbórea menor y un número de árboles del doble de la cantidad que se analizó en San Salvador. El carbono almacenado y secuestrado, la remoción de contaminantes, reducción de escorrentía y los COV son mucho más alto en el estudio realizado en Mérida estado de Yucatán, ya que en las aceras de San Salvador hay menor cantidad de árboles y bastantes son de porte pequeño y con poca biomasa, lo que puede indicar que el estado de un árbol que se encuentra plantado en un parque es completamente diferente a uno que está en las aceras siendo afectado negativamente por diversos factores. El valor en la reducción de escorrentía es mucho más alto ya que se debe considerar que es un parque, por lo tanto, debe haber más superficie permeable que la que

hay en una acera en donde el espacio es bastante reducido debido al pavimento que se encuentra en el suelo.

Cuadro 6. Comparación de resultados con otras investigaciones.

Comparación de datos obtenidos en dos investigaciones realizadas utilizando el programa i-Tree®									
Nombre de la Investigación.	Área	N° de Árboles	Cobertura Arbórea %	Carbono almacenado (t)	Carbono secuestrado (t/año)	Remoción de contaminantes (lb/año)	Reducción de escorrentía (m³/año)	Producción de Oxígeno (t/año)	Compuestos orgánicos volátiles (lb/año)
Arbolado de 3 calles de San Salvador.	351,000 m²	301	46	313	6.5	63.5	3.28	17.3	36.6
Estudio-diagnóstico del arbolado urbano en parques públicos de Mérida, 2018.	29,000 m²	675	24.8	356.3	15.6	401.2	447.5	40	145.5

Fuente: USFS 2021; De la Concha 2018.

4.3. Lineamientos generales para arborizar aceras.

- Plantar árboles de porte pequeño y follaje disperso, preferiblemente arbustos para las áreas donde este el cableado eléctrico.
- Considerar como mínimo una distancia entre el eje del árbol y la fachada al edificio de 2.5 m.
- Dejar un espacio libre mínimo 1.50 m para la libre circulación accesible y sin obstáculos.
- Evitar plantar especies anuales o de ciclo corto que mueren o se deterioran rápidamente.
- Al seleccionar las especies para arborizar aceras se debe elegir un individuo representativo de las características de la especie, de aspecto vigoroso y saludable, libre de plagas, enfermedades y daños mecánicos, tallo fuerte y vigoroso capaz de mantenerse por sí solo.

4.3.1. Recomendaciones para el establecimiento especies.

Transporte:

- Proporcionar protección y soporte al tallo durante el viaje.
- Evitar levantar la planta desde el tallo (para plantas en bolsa o macetas)
- No sobrecargar el vehículo utilizado para el transporte de las plantas.

Plantación:

- Se puede realizar en cualquier época del año siempre que se cuente con riego.
- Hacer un hoyo de siembra adecuado para que las raíces de la planta no queden muy ajustadas.
- Deben ser plantadas de 2 a 4 pulgadas más profundas que la altura del pilón.
- Proporcionar un espacio adecuado pensando en cómo será el desarrollo de la especie.

Riego:

- El suelo se debe mantener siempre húmedo en sus capas superficiales, procurando no hacer charcos al regar.
- Se debe hacer cada tres días por semana, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar y realizarse en horas frescas del día ya sea por la mañana o tarde tras la puesta del sol.

Podas:

Realizar las podas a finales del invierno para no intervenir en el crecimiento debido a que no hay una necesidad de producción de savia y se reduce el riesgo de diseminación de hongos que puede entrar en la zona afectada.

4.3.2. Descripción de especies.

Características generales de las especies recomendadas.

Las características generales de las especies recomendadas para sembrarlas en aceras, se presentan en los cuadros del anexo 1 y 2.

5.CONCLUSIONES

- ✓ La especie que presentó más conflicto con las aceras fue *Calophyllum brasiliense*, y con el tendido eléctrico *Magnolia champaca*.
- ✓ La especie con mayor predominancia en las aceras del área de estudio es *Magnolia champaca*, con un 33.22%.
- ✓ Los árboles del área de estudio de San Salvador emitieron 36.64 libras/año de los compuestos orgánicos volátiles (COV), siendo los más importantes *Calophyllum brasiliense* y *Acacia mangium*.
- ✓ *Magnolia champaca* almacena y secuestra la mayor cantidad de carbono debido a que fue la especie con mayor representatividad y por ende con mayor cantidad de biomasa.
- ✓ La población encuestada tiene poco conocimiento sobre el tema del arbolado, en su mayoría no conocen los nombres de los árboles y se muestran indiferentes a los problemas que pudieran causar al tendido eléctrico y a las aceras.
- ✓ Una limitante del programa i-Tree® es no poder estimar más servicios ecosistémicos de los que ofrece; y además no tener incorporada una base de datos ambientales del país.
- ✓ El programa i-Tree® es una herramienta de rápido aprendizaje para quien este interesado en su aplicación.
- ✓ Al determinar los servicios ecosistémicos mediante el programa i-Tree Eco®, también se obtienen valores económicos de los beneficios que proporcionan los árboles en el área de estudio.
- ✓ La mayoría de las especies encontradas no son recomendadas para plantar en aceras.
- ✓ La arborización realizada en el área de estudio no responde a lineamientos adecuados según características del lugar y de las especies utilizadas.

6.RECOMENDACIONES

- ✓ Para reducir las emisiones de COV se recomienda plantar especies de baja emisión logrando así disminuir la formación de ozono y monóxido de carbono.
- ✓ Para arborizar las zonas urbanas, se debe aplicar un adecuado programa de manejo, para potenciar y aprovechar los beneficios ecosistémicos que brindan para el bienestar de la sociedad urbana.
- ✓ Plantar árboles en parques y zonas verdes para disminuir la cantidad de CO₂ presente en la atmosfera, reducir los gastos de energía por medio de la disminución de las temperaturas, aumentar la biodiversidad y mejorar el paisajismo de las ciudades.
- ✓ Utilizar el programa i-tree®, en las municipalidades, para valorar y tener un mejor monitoreo de los servicios ecosistémicos que brindan los árboles en las ciudades.
- ✓ Para arborizar aceras en áreas urbanas, no se deben plantar especies forestales ni frutales, para evitar obstrucción de las señales de tránsito y la zona peatonal, daños al tendido eléctrico y las aceras.
- ✓ Utilizar como una guía los lineamientos generales para arborizar aceras en áreas urbanas, parques y zonas verdes.
- ✓ Realizar investigaciones similares tomando en cuenta las aceras que se encuentran en los otros 3 puntos cardinales del centro de San Salvador, para tener una perspectiva más clara de la condición en que se encuentra el arbolado y los servicios ecosistémicos que estos brindan.
- ✓ De acuerdo con el ancho de aceras que se encontró en el área de estudio, plantar especies de porte pequeño y de preferencia ornamentales, a un metro de la infraestructura.

7.BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo n°73, 2004. Instructivo para el cultivo de especies ornamentales en áreas urbanas. Diario oficial (en línea). El Salvador. 16 jun. Consultado 10 mar. 2021. Disponible en file:///E:/ultimos%20doc%20del%20ing/Instructivo_Cultivo_de_especies_ornamentales.pdf

AES (Applied Energy Services, El Salvador). s.f. Recomendaciones para el control de vegetación en las ciudades. El Salvador. 8 p. (en línea). Consultado 15 nov. 2019. Disponible en file:///E:/tesis%20%20copia/marco%20teorico/aes_control_de_vegetacion_en_las_ciudades.pdf

Alcaldía de Santiago de Cali, Colombia; Cali un nuevo latir, Colombia; DAGMA (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, Colombia); CVC (Corporación autónoma regional del valle del Cauca, Colombia). 2008. Manual de arborización urbana: guía práctica para la selección, siembra, cuidado y protección de árboles y palmas para zonas blandas y parques de Santiago de Cali. Colombia. p. 13-28. Consultado 27 feb. 2021. Disponible en file:///E:/de%20aqui%20lineamientos/MANUAL_DE_ARBORIZACION_URBANA_Guia_pract.pdf

Alvarado Ojeda, AJ; Guajardo Becchi, FG; Devia Cartes, SA. 2014. Manual de plantación de árboles en áreas urbanas (en línea). Chile. p. 22-65. Consultado 5 nov. 2019. Disponible en https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_de_Plantacion_de_Arboles_en_Areas_Urbanas.pdf

Alvares Grueso, E; Florián Buitrago, Maritza; Peñuela, LN; Cortes Ospina, E; Escobar, L; López, K. 2018. Guía de adaptación al cambio climático basado en ecosistemas en Colombia (en línea). Dirección de Cambio Climático y Gestión de Riesgos, Colombia. 26 p. Consultado 18 oct. 2019. Disponible en http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/ABE_MADS_Guia_bE_LIBRO_Digital-Cambio.pdf

Andrade, HJ; Segura, M. 2008. Cómo estimar rápidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indígenas de Talamanca (en línea). Costa Rica. Consultado 18 oct. 2019. Disponible en https://www.worldcocoafoundation.org/wpcontent/uploads/files_mf/segura2008b.pdf

ANSL (Agencia de Noticias San Luis, Argentina). 17 jun. 2013. Como y cuando podar las plantas y arbustos del jardín (en línea, blog). Argentina. Consultado 13 jun. 2020. Disponible en [http://agenciasanluis.com/notas/2013/06/17/como-y-cuando-podar-las-plantas-y-arboles-del-jardin/#:~:text=En%20general%2C%20la%20mejor%20%C3%A9poca,crecimiento%20\(pri mavera%2C%20verano\).](http://agenciasanluis.com/notas/2013/06/17/como-y-cuando-podar-las-plantas-y-arboles-del-jardin/#:~:text=En%20general%2C%20la%20mejor%20%C3%A9poca,crecimiento%20(pri mavera%2C%20verano).)

Arredondo Gómez, A; Ávila Ayala, R; Muñoz Gutiérrez, L. 2012. Fichas descriptivas de 52 plantas ornamentales que se comercializan en la Huasteca Potosina (en línea). San Luis Potosí, México. 82 p. Consultado 25 jul. 2020. Disponible en <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/904.pdf>

Ayma Romay, AI. 2021. Guía de selección de especies para el arbolado urbano de Cochabamba. Consultado 20 may. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/353046096_Guia_de_seleccion_de_especies_para_el_arbolado_urbano_de_Cochabamba_Criterios_de_seleccion_de_especies_basado_en_la_morfologia_de_copas_y_raices

Barboza Guzmán, R. 2016. Selección de especies para el arbolado urbano a partir del análisis de 10 parques urbanos municipales del cantón de Curridabat (en línea). Tesis Lic. Manejo de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. UED. Consultado 25 oct. 2019. Disponible en [file:///E:/tesis%20-%20copia/marco%20teorico/Especies_para_arbolado_urbano_Analisis%20\(2\).pdf](file:///E:/tesis%20-%20copia/marco%20teorico/Especies_para_arbolado_urbano_Analisis%20(2).pdf)

Benavides Meza, HM. 1989. Memorias. Congreso Forestal Mexicano de Bosque urbano: La importancia de su investigación y su correcto manejo (en línea). México. 27 p. Consultado 26 oct. 2019. Disponible en <file:///E:/tesis%20-%20copia/marco%20teorico/Bosque-Urbano.pdf>

De la Concha, H. 2018. Estudio-diagnóstico del arbolado urbano en parques públicos de Mérida. (en línea). México. Consultado 17 sep. 2021. Disponible en <https://inventario./parque//2018-merida-m/e/x/i/c/o>

Decreto n°59, 2010. Ordenanza. Ordenanza para la protección del patrimonio arbóreo del municipio de San Salvador (en línea). El Salvador. 17 nov. Consultado 10 oct. 2019. Disponible <file:///E:/ultimos%20doc%20del%20inge/Ordenanza-para-la-proteccion-del-patrimonio-urbano.pdf>

GDF (Gobierno del Distrito Federal, México); BID (Banco Interamericano de Desarrollo); SMA (Secretaría del Medio Ambiente, México). 2000. Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la ciudad de México (en línea). México. 26 p. Consultado 5 nov. 2019. Disponible en file:///E:/tesis%20%20copia/marco%20teorico/MANUAL_TECNICO_PARA_LA_PODA_DE_RRIBO_Y_TR.pdf

Gómez Centurión, P. 2017. Aprendiendo a regar. Consejos para regar tus plantas correctamente (en línea). Consultado 26 jun. 2020. Disponible en https://www.plusesmas.com/ocio_en_casa/jardineria/aprendiendo_a_regar/644.html

González Domínguez, CE. 2017. Taller de Capacitación i-Tree® Eco para México (en línea). Consultado 26 jun. 2020. Disponible en <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/taller-capacitacion-i-Tree®-eco-mexico/>

Guarín, A; Hotz, H; Stappert, N; Vargas, S; Dávalos, L; González, LA; Drayer, A; López, S. 2015. El análisis de servicios ecosistémicos forestales como herramienta para la formulación de políticas nacionales en el Perú (en línea). Perú. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://www.servicioecosistemicosperu/forestales-serfor>

Infojardín. 2014. Infojardín: Fichas de plantas. (en línea, sitio web). Consultado 7 de nov. 2021. Disponible en <https://articulos.infojardin.com/plantas/plantas.htm>

MADES (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Paraguay); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Paraguay); FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Paraguay). 2019. Guía de arborización urbana para el área metropolitana de

Asunción (en línea). Proyecto “Asunción Ciudad Verde de las Américas – Vías a la Sustentabilidad”. Paraguay. p. 37-60. Consultado 25 oct. 2019. Disponible en <file:///E:/tesis%20-%20copia/marco%20teorico/Guía-Arborización-AMA-version-digita I.pdf>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2015. Descripción de climas en San Salvador (en línea). Consultado 17 oct. 2019. Disponible en <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>

ONU (Organización de las Naciones Unidas, Alemania). 2017. Convención marco sobre el cambio climático: Planificación, ejecución y evaluación de las medidas de adaptación que se ocupan de los ecosistemas y de esfera como los recursos hídricos (en línea). Alemania. Consultado 10 nov. 2019. Disponible en [file:///E:/tesis%20%20copia/marco%20teorico/AbE_CBD%20\(1\)%20-%20copia.pdf](file:///E:/tesis%20%20copia/marco%20teorico/AbE_CBD%20(1)%20-%20copia.pdf)

Polomski, B; Fernandez, T; Shaughnessy, D. 2015. Como plantar arbustos correctamente (en línea). Consultado 25 jul. 2020. Disponible en <https://hgic.clemson.edu/factsheet/como-plantar-arbustos-correctamente/>

Polomski, B; Ham, DL; Shaughnessy, D; Williamson, J. 2004. Fertilización de árboles y arbustos (en línea). Consultado 25 jul. 2020. Disponible en <https://hgic.clemson.edu/factsheet/fertilizacion-de-arboles-y-arbustos/>

Sadeghpour, M; Sanajou, K; Ogut, KS. 2016. Determinación de la distribución de la carretera de la llegada de peatones en los cruces señalizados en Estambul (en línea). Estambul, Turquía. Consultado 15 nov. 2019. Disponible en [file:///C:/Users/dell%203458/Downloads/YTUJENS-2017-8-4.3363%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/dell%203458/Downloads/YTUJENS-2017-8-4.3363%20(1).pdf)

Schlegel, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. (en línea). *In* Simposio internacional de medición y monitoreo de la captura de carbón en ecosistemas forestales, Valdivia. Chile. Consultado 15 oct. 2019. Disponible en https://www.uach.cl/procarbono/pdf/docs_publicaciones/schlegel_simposio.pdf

USFS (United States Forest Service). 2021. Informe general del análisis del ecosistema Arbolado de San Salvador, efectos y valores del bosque urbano. Washington, DC, Estados Unidos de América. 40 p.

Vásquez Yanes, C; Batís Muñoz, AI; Alcocer Silva, MI; Gual Díaz, M; Sánchez Dirzo, C. s.f. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación: descripción de *Plumeria rubra*. (en línea). D. F, México, CONABIO. 34 p. (1753). Proyecto J-084. Consultado 14 de ago. 2020. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/6-apocy2m.pdf

8. ANEXOS

Anexo 1. Listado especies recomendadas para su plantación en áreas urbanas (aceras).

Nombre Común	Nombre Científico
Azalea	<i>Rhododendron indicum</i>
Anturio corazón	<i>Anthurium scherzerianum</i>
Chamal	<i>Dioon edule</i>
Chichipince	<i>Hamelia patens</i>
Cabello de ángel	<i>Calliandra calothyrsus</i>
Corona de cristo	<i>Euphorbia milii var. splendens</i>
Corona de reina	<i>Petrea volubilis</i>
Coleus	<i>Coleus blumei</i>
Cola de ratón	<i>Piper tuberculatum</i>
Crotos	<i>Codiaeum variegatum</i>
Flor barbona	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>
Flor de San José	<i>Allamanda cathartica</i>
Florifundio	<i>Brugamsia aurea</i>
Galatea	<i>Calathea crocata</i>
Ixora	<i>Ixora coccinea</i>
Icaco	<i>Chrysobalanus icaco</i>
Jazmín del cabo	<i>Gardenia jasminoides</i>
Júpiter	<i>Lagerstroemia indica</i>
Lluvia de estrellas	<i>Cuphea hyssopifolia</i>
Mala madre	<i>Chlorophytum comosum</i>
Malvavisco	<i>Malvaviscus arboreus</i>
Mano de tigre	<i>Monstera deliciosa</i>
Mirto	<i>Murraya paniculata</i>
Navidad o calanchoes.	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>
Camarón	<i>Pachystachys lutea</i>
Pacaya	<i>Chamaedorea elegans</i>
Palmera egipcia	<i>Dypsis lutescens</i>
Palma tornillo	<i>Pandanus utilis</i>
Palo de agua	<i>Dracaena fragans</i>

Petate de caballo	<i>Beaucarnea inermis</i>
Plumero	<i>Cordyline fruticosa</i>
Pigmea	<i>Phoenix roebelenii</i>
Pie de venado	<i>Bauhinia unguolata</i>
Rapis	<i>Raphis excelsa</i>
Clavel	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
Narciso	<i>Nerium oleander</i>
Teresita	<i>Solanum rantonnetii</i>
Tuya	<i>Thuja sp.</i>
Yacarta	<i>Allamanda violacea</i>
Veranera	<i>Bougainvillea spp</i>

Anexo 2.

Características generales de las especies recomendadas.

ANTURIO CORAZON (*Anthurium scherzerianum*)

Es una planta perenne, herbácea o leñosa, erecta, rastrera o trepadora, de hojas muy decorativas. Las hojas son de consistencia y grosor notables, ovales, en forma de corazón o punta de flecha, bastante grande. Mide hasta 0.7 m de altura. Las flores son insignificantes, el espádice que a menudo se confunde con la flor puede ser de varios colores. Es una planta de sombra o media sombra, no resiste los rayos directos del sol, ni los descensos bruscos de temperatura. Es de crecimiento compacto, por lo que las podas únicamente se realizan cuando se cosechan las flores. La propagación puede ser por semillas, vegetativa y por cultivo de tejidos vegetales (Arredondo *et al.* 2012).



AZALEA (*Rhododendron indicum*)

Arbusto de follaje semipersistente o caduco muy ramificado. Los híbridos de azalea se llevan creando cientos de años, por lo que existen muchos cultivares. Llegan a medir de 1-1,5 m de altura y de 5-7 cm de diámetro solitarias o agrupadas en la extremidad de las ramificaciones, de color blanco, rosado, jaspeado o violáceo. Florecen al inicio de la primavera. Es una planta de sol, sombra o media sombra. Es considerada tanto planta de jardín como de interior, aunque propiamente no es una planta de interior. Necesitan un suelo bien drenado y una exposición sombreada y fresca. El riego debe abundante, sobre todo en verano, ya que el calor le perjudica mucho. Algunas de las especies necesitan podas regulares. Propagación a partir de esquejes y semillas (Arredondo *et al.* 2012).



CHAMAL (*Dioon edule*)

Son arbustos con tallo cilíndrico, usualmente con muchas hojas, y sus pecíolos son persistentes o caedizos, sus foliolos bajos frecuentemente reducidos a espinas. Las espinas están presentes en las hojas jóvenes, sin embargo, se pierden cuando la planta madura. Tiene una corona de hojas largas, de hasta 1,60 m con foliolos linear-lanceolados, coriáceos y acuminados. Alcanza 3 m de altura. Floración: los conos masculinos son erectos, estrechos y compuestos de numerosas y pequeñas escamas, los conos femeninos son mayores y más gruesos. Están formadas por escamas más gruesas, que llevan las semillas. Planta de sol sombra o media sombra, de preferencia en lugares cálidos y sombreados. Riegos abundantes en verano y moderados en invierno. La propagación es por semillas (Arredondo *et al.* 2012).



CHICHIPINCE (*Hamelia patens*)

Arbusto grande, perenne que llega a medir hasta 7 m de altura. Tiene flores tubulares anaranjadas rojas, agradables para colibríes y mariposa, el fruto es una drupa pequeña, rojo negruzco. Planta de sombra a media sombra. Se debe hacer una poda de formación, la propagación es por semillas y esquejes. Es medicinal en los trópicos y el fruto tiene un refrescante sabor ácido, además de ser muy apreciado por algunos pájaros, también son comestibles para los seres humanos, en México, se utiliza en una bebida fermentada (Arredondo *et al.* 2012).



CABELLO DE ANGEL (*Calliandra calothyrsus*)

Árbol perennifolio o caducifolio, altura de 2-3 m, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 20 cm. Copa; Copa densa. Hojas de 18 a 25 cm de largo, con 9 a 15 pares de pinnas y 25 a 60 pares de folíolos, linear oblongos. Inflorescencia en panículas densas y angostas, de 15 a 20 cm de largo; flores glabras, en umbelas con 8 a 10 flores; corola verde o bañada de rosa, de 5 a 7 mm de largo. Fruto de 7 a 11 cm de largo por 1 a 1.3 cm de ancho, color verde-seco, glabro (Infojardín 2014).



CAMARON (*Pachystachys lutea*)

Es un arbusto perenne, de color verde oscuro sus hojas con nervaduras en relieve en el envés, mide 1.5 m de altura. Las flores de corta duración son blancas y surgen secuencialmente de la superposición de sus brillantes brácteas de color amarillo, se producen en todos los meses cálidos. Planta de sombra o media sombra o en lugares cálidos y con mucha luz. Se multiplica por esquejes que se plantan de mediados de enero hasta finales de julio. Atrae a las aves (Arredondo *et al.* 2012).



CLAVEL (*Hibiscus rosa-sinensis*)

Arbusto perennifolio. Las hojas son alternas y ovaladas, aunque pueden variar e incluso tener los bordes más o menos dentados, el color es verde oscuro y de aspecto brillante. Altura hasta 5 m. Flores solitarias, axilares y en forma de embudo de color rojo, la mayoría de las veces, ya que existen variedades amarillas, rosas, anaranjadas e incluso con flores semidobles. Planta de sol, sombra o media sombra. Propagación por semillas, estacas injerto de yema y de púa, división y acodo aéreo (Arredondo *et al.* 2012).



CORONA DE CRISTO (*Euphorbia milii* var. *Splendens*)

Arbusto con flores y espinas. Hojas verdes en ambas caras y provistas de una espina en su base de implantación al tallo, puede llegar a medir 120 cm de altura. Sus flores son muy vistosas las brácteas (no confundir con las flores que son diminutas, envueltas por las brácteas) de tonos naranja, rojo o amarillo. Planta de sol, pero prefiere media sombra. El riego debe ser poco a moderado, más frecuente y abundante en verano, en invierno casi ausente. Requiere poda de formación que estimulan la brotación antes de primavera. Pueden aparecer hongos generalmente por un exceso de riego. La propagación por esquejes terminales (Arredondo *et al.* 2012).



CORONA DE REINA (*Petrea volubilis*)

Planta trepadora, sus hojas tienen un tacto rugoso, por eso en inglés se la conoce como trepadora de "papel de lija". Tamaño: Puede alcanzar 6 m de altura, aunque necesita un soporte para trepar. Florece al final de la primavera y en verano. Las flores duran sólo un día, pero los cálizos se vuelven grisáceos y permanecen en la planta; flores agrupadas en racimos axilares, de color azul violáceo o morado, corola con los pétalos fusionados. Planta de sol, regar cada semana en verano, cada mes en invierno. Propagación por medio de esquejes y semillas (Arredondo *et al.* 2012).



COLA DE RATÓN (*Piper tuberculatum*)

Son árboles pequeños, que alcanzan un tamaño de 1–5 m de alto; tallos verde nítidos, entrenudos 2.5–4 cm de largo, estriados. Hojas uniformes en forma y tamaño en todos los ejes, levemente asimétricas, elíptico-ovadas a elíptico-lanceoladas u oblongas, ápice acuminado. Inflorescencias erectas en todos los estadios (Infojardín 2014).



COLEUS (*Coleus blumei*)

Planta anual o perenne, herbácea o semi arbustiva. Sus hojas son opuestas, simples, en forma de corazón. Los colores varían entre el verde y el amarillo, el rojo, el bronce, el púrpura y el gris, todos ellos variadamente jaspeados. Puede llegar a medir de 25-70 cm. Las flores son pequeñas, de color azul claro, reunidas en inflorescencias con forma de espiga. Puede cultivarse como planta de exterior en sombra o media sombra, pero no soporta el frío intenso. El riego debe ser abundante pero no en exceso. Podar los vértices cuando la planta tenga unos 20 cm de altura. Cuando la planta crece mucho, despuntarla. No son raros los ataques de Cochinillas, Mosca blanca, caracoles y babosas. La propagación es por esquejes o semillas (Arredondo *et al.* 2012).



CROTOS (*Codiaeum variegatum*)

Arbusto siempre verde, alcanza un tamaño de 6 m de altura. Flores pequeñas, rojas, violetas o blancas, más o menos fragantes. Es una planta de media sombra o con iluminación intensa para mantener vivos los colores. Regar 2 o 3 veces por semana en primavera y verano y cada 4 o 5 días en invierno. Quitar hojas secas. Propagación mediante esquejes apicales de tallo, o de trozos de tallo de 5-8 cm de longitud. Se comercializa en maceta. Emite un látex irritante en contacto con piel y mucosas; evitar el contacto con los ojos (Arredondo *et al.* 2012).



FLOR BARBONA (*Caesalpinia pulcherrima*)

Arbusto de altura de 3 metros inerme con hojas pinnadas, con 3-10 pares de pinnas, cada una de las cuales con 6-12 pares de folíolos elíptico-oblongos de 1-2 cm de longitud, de base desigual. Inflorescencias en racimos terminales y axilares. Flores con pétalos rojos o amarillos de unos 2.5 cm de longitud. Estambres sobresaliendo a la corola, con los filamentos rojos. Legumbres aplanadas de 7-12 cm de longitud (Infojardín 2014).



FLOR DE SAN JOSE (*Allamanda cathartica*)

Es una planta trepadora o enredadera con bonitas flores amarillas en forma de trompeta y hojas perennes. Alcanza 3 m de altura cuando se utilizan tutores y se expande 2 m. Puede llegar a florecer todo el año. Es una planta de media sombra o de sol, requiere climas cálidos. En invierno requiere pasar un periodo de reposo, necesita humedad ambiental. Se debe podar los tallos del año anterior para estimular la floración y hacer una limpieza anual de ramas secas, sobrecrecidas, chupones, etc. Puede propagarse mediante esquejes o varetas de unos 15 cm de largo o por semillas (Arredondo *et al.* 2012).



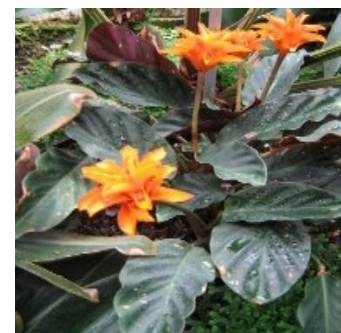
FLORIFUNDIA (*Brugamsia aurea*)

Arbusto de hoja perenne con flores en forma de trompeta; huelen sobre todo durante la noche. Puede alcanzar 5 m de altura. Floración: Todo el año, salvo en la primavera, florea en ciclos de 6 semanas, flores aromáticas de color amarillo. Planta de sol o sombra, protegido del viento. Plagas y enfermedades: Mosca blanca. Propagación: Por semillas y por esqueje semileñoso (Arredondo *et al.* 2012).



GALATEA (*Calathea crocata*)

Arbusto de follaje ornamental con pequeñas flores blancas. Hasta 50 cm de altura. Inflorescencia más larga que las hojas, color anaranjado, en primavera-verano. Planta de sombra; el sol directo decolora las hojas. Riego: 2 ó 3 veces por semana en verano y una en invierno, mojar las hojas frecuentemente, es una planta para un clima húmedo. Hojas con bordes rizados indica falta de riego. Propagación por división de matas, por esquejes en un substrato similar al de cultivo y a una temperatura de 18 °c (Arredondo *et al.* 2012).



ICACO (*Chrysobalanus icaco*)

Es un árbol bajo de 1 a 4 m de altura. Tiene una corteza lisa, café oscuro con una gran cantidad de lenticelas. Las hojas son duras, redondas a ovadas, coriáceas, verde oscuro y brillantes en la cara superior (haz), de cinco a ocho centímetros de largo. Las flores salen en racimos axilares cortos; tienen cinco sépalos verdes, pubescentes y cinco pétalos blancos. El fruto es una drupa, obovoide o esférico, de dos a cinco centímetros de largo, puede ser rosado, rojo o morado (purpura oscuro), tiene la pulpa o mesocarpo blanco, algodónosa y ligeramente dulce (Infojardín 2014).



IXORA (*Ixora coccinea*)

Plantas ramificadas siempre verdes, brillantes, de bordes lisos. Altura máxima de 3 m en algunas variedades, con numerosos racimos de flores con un aspecto redondeado. Floración tubular y varían de color según la variedad, siendo las más comunes las de color escarlata, y en ocasiones, amarillas y blancas. Planta de sombra o media sombra. Requiere de iluminación, pero protegida del sol directo. Requiere mucha agua, regar cada 5 días. Poda: Tolera una poda intensa, lo que permite desarrollar setos de formas curiosas e interesantes. Plagas y enfermedades no reportadas. Propagación por esquejes en primavera. Las flores tienen algunos usos medicinales (Arredondo *et al.* 2012).



JAZMIN DEL CABO (*Gardenia jasminoides*)

Alcanza una altura de unos 2 metros. Formada por varios tallos leñosos, con ramillas lampiñas o con pelos cortos. Las hojas son simples, opuestas, de peciolo corto, forma oval lanceolada, ápice agudo, borde liso, consistencia semicoriácea y color verde oscuro y brillante. Las flores aparecen solitarias en posición terminal. Son blancas, erectas, alargadas, con la corola en forma de embudo y lóbulos simples (no dobles) de aspecto cremoso, dispuestos en forma de abanico circular (Infojardín 2014).



JÚPITER (*Lagerstroemia indica*)

Árbol caducifolio de 2-4 m de altura, con las ramillas angulosas, de color castaño verdoso, de pubérulas a glabras, y el tronco con una corteza muy característica, lisa, bicolor, con tonalidades gris-plateadas, rosado-bronceadas o marrones, que se exfolia en placas. Hojas opuestas, en las superiores alternas o en grupos de tres, sésiles o subsésiles, de oblongo-elípticas a redondeadas. Inflorescencias con numerosas flores actinomorfas, sin olor, sobre pedicelos de 3-15 mm de largo; yemas florales redondeadas, de color verde brillante con tintes rojizos (Infojardín 2014).



LLUVIA DE ESTRELLAS (*Cuphea hyssopifolia*)

Arbusto perenne tropical de forma compacta, puede medir de 30 a 50 cm de altura. Las flores emergen de las axilas, en color púrpura, lavanda, y en menos ocasiones, en rosa. Es una planta de media sombra, necesita riego abundante. Requiere una poda ligera si la planta se alarga. Los grupos grandes pueden ser divididos, y también por esqueje de 10 centímetros. Atrae a las mariposas (Arredondo *et al.* 2012).



MALA MADRE (*Chlorophytum comosum*)

Especies perennes, que crecen formando una roseta central posee hojas angostas y largas de 20–40 cm de longitud y 5–20 mm de ancho. Generan hijuelos en las puntas de las ramas que sobresalen de la planta original. Tamaño de 50 cm de altura. Flores pequeñas, blancas y esparcidas en panículas, planta de media sombra. Toleran la sequía y no mueren si se olvida el riego, ya que la almacenan agua en las raíces. Poda de formación y se propaga por hijuelos o división (Arredondo *et al.* 2012).



MALVAVISCO (*Malvaviscus arboreus*)

Es un arbusto que alcanza los 1–3 m de alto; los tallos esparcidamente pubescentes con los tricomas recurvados, o glabrescentes. Las hojas lanceoladas u ovadas, agudas o acuminadas en el ápice, truncadas en la base, glabrescentes. Las flores son péndulas, solitarias en las axilas o agrupadas apicalmente, con pedicelos de 2–4 cm de largo (Infojardín 2014).



MANO DE TIGRE (*Monstera deliciosa*)

Las hojas de la mano de tigre tienen un terminado en punto, miden hasta 2 m de altura. Flores muy grandes y de forma elíptica de color cremoso y hasta 25 cm de longitud; tarda tres años en florecer. Planta de sombra o media sombra. Se le debe hacer poda de limpieza. Propagación por esqueje, acodo o semillas. Se comercializa en maceta. El rizoma se usa para tratar gripes y reumatismo (Arredondo *et al.* 2012).



MIRTO (*Murraya paniculata*)

Es un arbusto de hoja perenne, aromático, que puede llegar a medir hasta 5 m, pero normalmente su altura es de 1 ó 2 metros. Muy ramificado. Las ramas llevan en los nudos dos hojas coriáceas y lustrosas, opuestas y decusadas, casi sin pecíolo, de color verde oscuro en el haz y algo más claras en el envés. Las flores de hasta 3 cm de diámetro, aromáticas y de color blanco (Infojardín 2014).



NAVIDAD O CALANCHOE (*Kalanchoe blossfeldiana*)

Suculenta que alcanza 40 cm de altura por 20 cm de ancho con brillantes hojas carnosas de color verde oscuro. La inflorescencia es un corto tallo sin hojas que nace de las axilas de las hojas, al final de este tallo surgen en forma de racimo numerosas flores con 4 pétalos, éstas pueden ser rojas, purpúreas, anaranjadas, amarillas, blancas. Planta de sombra o media sombra. Admite climas cálidos, sin heladas, se puede tener todo el año floreciendo desde enero a abril y refloreciendo en otoño. Propagación por esquejes y semillas (Arredondo *et al.* 2012).



NARCISO (*Nerium oleander*)

Arbusto con hojas lanceoladas y enteras de 6-12 cm, verde grisáceas. Tamaño de hasta 6 m de altura, floración de color blanco, amarillo, rojo o rosado, de 3-4 cm de diámetro. Fruto color pardo rojizo, con las semillas provistas de un penacho de pelos. Planta de sol, sombra o media sombra. Se adapta a ambientes secos. Suelo de preferencia con buen drenaje, de ahí que se desarrolle en zonas arenosas. Eliminar ramas muertas, secas, tocones, rebrotes, ramas cruzadas, flores y frutos pasados. No podar en primavera porque la floración será mucho menor. Propagación por acodos y estacas (Arredondo *et al.* 2012).



PALMERA EGIPCIA (*Dypsis lutescens*)

Tronco anillado de diferentes edades y altura. Hojas dispuestas en 3 filas verticales, pinnadas, 1,5-2 m de largo. Presenta 20-50 pares de foliolos. Limbo verde que amarillea expuesto al sol. Frutos amarillos, que se van tornando violáceo-negruzcos. Altura 1.5-3 m cuando forma mata de muchos troncos ó hasta 9 m cuando es tronco único. Flores blanquecinas muy aromáticas. Planta que puede vivir a pleno sol, pero lo hace mejor a media sombra. Propagación por semillas o separando hijuelos enraizados (Arredondo *et al.* 2012).



PALMA TORNILLO (*Pandanus utilis*)

Plantas monoicas de hojas en roseta, arregladas espiralmente en el ápice de las ramas de hasta 2 m de longitud. Llega a medir hasta 5 m de altura. Flores unisexuales en árboles separados. Planta de sol, sombra o media sombra, y se usa en interiores. Propagación por semilla o asexual por brotes que nacen del pie de la planta con raíces adventicias. Su fruto es comestible en forma de piña, pero poco sabroso (Arredondo *et al.* 2012).



PACAYA (*Chamaedorea elegans*)

Pequeña palmera, con delgados tallos. Crece hasta los 2 m de altura. Las flores aparecen agrupadas en inflorescencias de más de 1 m de largo, muy ramificadas. Las flores femeninas son de un color amarillento muy llamativo. Puede ser cultivado con poca luz, pero crece mejor con luz brillante indirecta, por lo que se considera de sombra. Necesita poda de limpieza, es susceptible a hongos. Se propaga por semillas o separando hijuelos enraizados. Las inflorescencias tiernas son consumidas como verdura (Arredondo *et al.* 2012).



PALO DE AGUA (*Dracaena fragans*)

Planta siempre verde. Tamaño de 1.80 a 4.50 m. Flores pequeñas, blancas, cortas. Planta de sombra o media sombra. Mantener el suelo ligeramente húmedo sin inundar. Realizar poda de limpieza, quitar hojas secas. Propagación por esquejes. Contribuye a eliminar los productos químicos del aire tales como el formaldehído el xileno y tolueno (Arredondo *et al.* 2012).



PLUMERO (*Cordyline fruticosa*)

Arbusto de varios tallos, alcanza 3 m de altura. De las rosetas de hojas surge una masa de florecillas menos de 1 cm de color lila. Frutos, bayas rojizas pardas más o menos de 1 cm. Ubicación: Planta de media sombra, pero requiere abundante luz para mantener el color de las hojas, pero evitar la luz solar directa. Poda de limpieza, quitar hojas secas. La propagación es por esquejes del tallo en secciones de 5 a 10 cm de longitud y poner a enraizar en suelo arenoso en lugares cálidos y húmedos (Arredondo *et al.* 2012).



PETATE DE CABALLO (*Beaucarnea inermis*)

Planta siempre verde, llega a medir hasta 8 m de altura. Sus flores son pequeñas color crema. Planta de sol. Se debe mantener húmedo en verano moderado a seco en invierno. No requiere podas, plagas y enfermedades no reportadas. Su propagación es por semilla. Se comercializa en maceta (Arredondo *et al.* 2012).



PIE DE VENADO (*Bauhinia unguolata*)

Es un árbol que alcanza un tamaño de hasta 7 m de alto. Hojas ovadas a elípticas, de 5–12 cm de largo y 3–8 cm de ancho. Inflorescencias de apariencia racemosa debido a la reducción de las hojas, flores en pares; hipanto cortamente tubular, ca 10 mm de largo. Fruto linear, 7–29 cm de largo y 0.7–1.3 cm de ancho, leñoso, puberulento, café oscuro (Infojardín 2014).



PIGMEA (*Phoenix roebelenii*)

Hojas pinnatisectas, de hasta 1 m de largo, con los segmentos cortos (20 cm de largo), flexibles, verde brillante, los basales rígidos, muy punzantes. Altura máxima de 5 m. Floración agrupada en panojas protegidas por una espata (bráctea), de la mitad del largo de las hojas. Planta de sol. Excelente para pequeños jardines o en macetas con buena iluminación, siempre bien drenados, aunque prefiere tierras ligeras y ricas en materia orgánica. Se multiplica por semillas que tardan unos 50 días en germinar (Arredondo *et al.* 2012).



RAPIS (*Raphis excelsa*)

Palmerita dioica de troncos múltiples de 4-5 cm de diámetro cubiertos de fibrosidades, con hojas palmeadas divididas hasta la base en 3-7 folíolos de 30-40 cm de longitud. No sobrepasa los 4 m de altura. Inflorescencias de hasta 30 cm de longitud que nacen de las axilas de las hojas superiores. Planta de sombra o media sombra. Poda ocasional, de hojas secas o eliminar hijuelos muertos. Se multiplica por semilla, que tardan unos 90 días en germinar, o por división de hijuelos que puede ser otra manera fácil (Arredondo *et al.* 2012).



TERESITA (*Solanum rantonnetii*)

Arbusto desparramado y redondeado. Hojas ovales verde brillante, semi-perennifolia. Altura máxima 2.5 m. Flores abiertas violeta azulado con el borde más oscuro y el centro amarillo de 2,5 cm. Frutos colgantes cordiformes de color rojo. Planta de sol, no resiste el frío, riego cada 15 días. Poda para mantenerlo bien formado, eliminando cualquier tallo dañado o no deseado. Propagación por división del cepellón en verano o por esquejes. Puede ser guiado como árbol, como trepador o cubre suelo (Arredondo *et al.* 2012).



TUYA (*Thuja orientalis*)

Es un arbusto de crecimiento lento. Su copa, de forma más o menos cónica y de aspecto desgarrado, la forman ramas aplanadas y dispuestas verticalmente. Están repletas de hojas de un vistoso color verde claro, que puede variar en tonos marrones durante los meses más fríos del año, son carnosas, están compuestas de pequeñas escamas dispuestas en cuatro filas puntiagudas, estrechas con los bordes separados del ramillo (Infojardín 2014).



YACARTA (*Allamanda violacea*)

Planta trepadora o enredadera con bonitas flores rosas a rojas en forma de trompeta y hojas perennes. Puede llegar a florecer todo el año, pero especialmente de mediados de verano hasta otoño. Planta de media sombra o de sol, requiere climas cálidos. Riego 2 veces por semana durante el verano, espaciar los riegos en invierno. Podar los tallos del año anterior para estimular la floración. Limpieza anual de ramas secas, sobrecrecidas, chupones. Puede propagarse mediante esquejes de 15 cm. de largos o semillas. También admite la división de mata (Arredondo *et al.* 2012).



VERANERA (*Bougainvillea spp*)

Arbusto trepador, perennifolio, el tronco y las ramas tienen espinas. Hojas elípticas de 13 cm de longitud, con la base estrechada y el ápice agudo, glabras o con pubescencia esparcida. Su tamaño alcanza 8 m, produce toda gama de colores en sus hojas modificadas. La flor verdadera es blanca y diminuta, rodeada de esas hojas modificadas que se llaman "bráctea". Planta de sol y resiste todos los climas, especialmente los cálidos y secos. En invierno y verano se poda, la propagación por esquejes; si son de partes blandas y verdes se realiza al final del verano. Si son de partes duras en cualquier época del año (Arredondo *et al.* 2012).

