

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Pasantía Profesional:

“Composición, estructura y servicios Ecosistémicos del arbolado en el Complejo Urbanización Universitaria-Reperto Santa Fe - Comunidad San José Obrero, San Salvador”

Por:

Willy Eduardo Castaneda Aparicio

Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, Centro América. 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Pasantía Profesional:

“Composición, estructura y servicios Ecosistémicos del arbolado en el Complejo Urbanización Universitaria-Reperto Santa Fe - Comunidad San José Obrero, San Salvador”

Por:
Willy Eduardo Castaneda Aparicio

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



Pasantía Profesional:

“Composición, estructura y servicios Ecosistémicos del arbolado en el Complejo Urbanización Universitaria-Reparto Santa Fe - Comunidad San José Obrero, San Salvador”

Por:
Willy Eduardo Castaneda Aparicio

Requisito para optar al título de:
Ingeniero Agrónomo

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector:

Lic. MSc. Roger Armando Arias Alvarado

Secretario general:

Ing. MSc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

Decano:

Dr. Francisco Lara Ascencio

Secretario:

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra

Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Jefe

Ing. Agr. MSc. José Mauricio Tejada Asensio

Docente Asesor

Ing. Agr. Rigoberto Antonio Urías Fernández

Tribunal evaluador

Ing. Agr. Rigoberto Antonio Urías Fernández

Ing. Agr. Juan Gerardo Marroquín Reina

PhD. Miguel Ángel Hernández Martínez

Coordinador de procesos de graduación del departamento

Ing. Agr. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado

Índice

Resumen.....	vii
I. Introducción.....	1
5. Información de la unidad productiva	2
5.1. Datos generales	2
5.1.1. Localización	2
5.1.2. Antecedentes	2
5.1.3. Recursos.....	3
5.1.3.1. Naturales.....	3
5.1.3.2. Instalaciones y equipos	3
5.1.3.3. Humanos.....	3
5.2. Actividades actuales	4
5.2.1. Producción principal y otras	4
5.2.2. Situación técnica.....	4
5.2.3. Situación administrativa.....	4
6. Análisis de la problemática en sector.....	4
7. Metodología	5
7.1 Descripción general del área	5
7.2 Fase preliminar	6
7.3 Fase de campo.....	6
7.3.1 Levantamiento de información de flora.....	6
7.3.2 Levantamiento de información de fauna.....	7
7.4 Fase de oficina.....	7
8. Resultados y discusión.	8
8.1 Composición florística.....	8
8.1.1 Comportamiento de especies arbóreas	12
8.1.2 Comportamiento de especies arbustivas	14
8.1.3 Comportamiento de las palmas.....	15
8.2 Interferencia-conflicto de los árboles con las aceras - zanja de desagüe/cunetas ...	16
8.3 Interferencia de los árboles con tendido eléctrico y cables de telefonía	19
8.4 Estructura del bosque urbano	21
8.5 Servicios ecosistémicos del arbolado	22
8.5.1 Eliminación de la contaminación	22
8.5.2 Eliminación de contaminantes por especie.....	23
8.5.3 Secuestro y almacenamiento de carbono.....	24
8.5.4. Producción de oxígeno	27

8.5.5 Producción de oxígeno por calle/avenida	29
8.5.6 Escurrimiento evitado	30
8.6 Valores estructurales y funcionales.....	32
8.7 Fauna asociada al arbolado en el área de estudio	34
9. Conclusiones.....	36
10. Recomendaciones	38
11. Bibliografía	39
12. Anexos	41

índice de cuadros

Cuadro 1. Composición florística del área de estudio.	9
Cuadro 2. Listado de especies causando conflicto con la acera-zanja de desagüe.	16
Cuadro 3. Listado de especies causando interferencia con postes y tendido eléctrico.....	19
Cuadro 4. Eliminación de contaminantes y su valor económico asociado de las principales especies	23
Cuadro 5. Principales especies secuestradoras de carbono y su valor en dólares.....	25
Cuadro 6. Principales especies almacenadoras de carbono y su valor en dólares.....	26
Cuadro 7. Principales especies productoras de oxígeno.	27
Cuadro 8. Cantidad de oxígeno producido por año y por calle/avenida	29
Cuadro 9. Principales especies que evitan el escurrimiento.	31
Cuadro 10. Especies de fauna asociadas a árboles y arbustos en la zona de estudio	35

índice de figuras

Figura 1. Complejo Urbanización Universitaria-Reperto Santa Fe- Centro Escolar Miguel Pinto, municipio de San Salvador.	5
Figura 2. <i>Callophyllum brasilense</i> y <i>Ficus benjamina</i> en parque Dr. Carlos Antonio Herrera Rebollo	13
Figura 3. <i>Senna siamea</i> en parque Sara Palma de Jule.	14
Figura 4. <i>Adonidia merrillii</i> en arriates de acera.....	15
Figura 5. Especies y numero de árboles que causan daño en aceras – zanja de desagüe	17
Figura 6. Tronco y raíces de <i>Casuarina equisetifolia</i> generando conflicto con cuneta y acera.....	18
Figura 7. Especies y número de árboles con interferencia en el tendido eléctrico.	20
Figura 8. <i>Spathodea campanulata</i> interfiriendo con el tendido eléctrico.....	21
Figura 9. Distribución (%) de las especies por clases diamétricas	21

Figura 10. Eliminación de contaminantes en gramos por año de las principales especies.....	23
Figura 12. Secuestro de carbono en toneladas por año y su valor en dólares.	25

índice de anexos

Figura A-1. recorrido general por la zona de estudio con autoridades de la OPAMSS.....	41
Figura A-2. Charla con actores locales para gestionar permisos de entrada a las colonias.	41
Figura A-3. Hoja para la toma de datos de cada árbol.	42
Figura A-4. Georreferenciación de cada árbol con GPS.	43
Figura A-5. Toma de diámetro a la altura de pecho (DAP).	43
Figura A-6. Toma de altura total con hipsómetro laser.....	44
Figura A-7. medición del ancho de la copa de norte-sur y este-oeste con cinta métrica ...	44
Figura A-8. Base de datos en Excel.....	45
Figura A-9. Verificación de datos en i-Tree.....	46
Figura A-10. <i>Sciurus variegatoides</i> y <i>Myiozetetes similis</i>	47
Figura A-11. <i>Saltator coerulescens</i>	48
Figura A-12. <i>Eumomota superciliosa</i>	49
Figura A-13. <i>Pteroglossus torquatus</i>	50
Figura A-14. <i>Sciurus variegatoides</i>	51
Figura A-15. <i>Brotogeris jugularis</i>	52
Figura A-16. <i>Zenaida asiática</i>	53
Figura A-17. <i>Buteo platypterus</i>	54
Figura A-18. <i>Tyto alba</i>	55
Figura A-19. <i>Icterus gularis</i>	56
Figura A-20. <i>Setophaga petechia</i>	57
Figura A-21. <i>Turdus grayi</i>	58
Figura A-22. Mapa del arbolado del complejo Urbanización Universitaria- Reparto Santa Fé- Comunidad San José Obrero, San Salvador.	59
Figura A-23. Mapa de árboles en conflicto con los arriates de aceras.	60
Figura A-24. Mapa de árboles en conflicto con tendido eléctrico/telefonía.	61

Resumen

La pasantía profesional se desarrolló en el Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador/Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, COAMSS/OPAMSS, la primera y única experiencia de mancomunidad en el país, con marco legal a nivel metropolitano, relacionado con la planificación y control del territorio de los 14 municipios que conforman el Área Metropolitana de San Salvador. De ahí se definió el Complejo formado por la Urbanización Universitaria-Reperto Santa Fe- Centro Escolar Miguel Pinto, con coordenadas geográficas 13°43'09"N y 89°12'33"W, que comprende un área de 36.6 ha y se ubica en el departamento de San Salvador municipio San Salvador, iniciado el 15 de agosto de 2022 y finalizado el 15 de febrero de 2023, en el cual se determinó la composición, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado existente en el área pública.

Se midieron todos los árboles, arbustos y palmeras ubicados en los arriates de las aceras de calles y avenidas y en parques dentro de la zona de estudio, que presentaban un diámetro a la altura de pecho mayor o igual a 5 cm, a los cuales se tomaron diferentes medidas entre las cuales se encuentran: altura total, altura a la copa verde, altura a la primera rama, ancho de copa N-S y E-O.

También, para cada uno se tomaron otras variables mediante la observación como lo son: el estado de salud, cuantos lados de la copa reciben la luz del sol, si se encuentra causando daños en la acera o está generando conflicto con los postes y cables del tendido eléctrico y telefonía, la ubicación geográfica con GPS, y una fotografía.

Adicionalmente se registró e identificó la fauna que se encontró durante el muestreo en la zona de estudio.

La composición florística fue de 1,173 individuos comprendidos en 39 familias, 83 géneros y 94 especies, de las cuales el 63% son especies introducidas y 37% nativas, el 19% arbustos, el 71% árboles y 10% palmeras.

La población total de individuos encontrados en la zona de estudio, secuestran 15.20 ton/año de carbono, almacenan 131.93 t de carbono, producen 40.5 ton/año de oxígeno y evitan 14.25 m³/año de escurrimiento; los valores funcionales del arbolado son: sustitución de los árboles es de \$1,762,793 dólares, el valor del almacenamiento de carbono es de \$26,272 dólares; los valores funcionales son: secuestro de carbono \$3,026 dólares, escurrimiento evitado \$34.55 dólares y eliminación de contaminantes \$1395.18 dólares.

Entre las especies encontradas que presentan problemas en aceras – zanjas de desagüe (cuneta) están *Casuarina equisetifolia*, *Syzygium cumini*, *Tabebuia rosea*, *Persea americana*. Entre las especies encontradas con interferencia con el tendido eléctrico están *Terminalia catappa*, *Syzygium cumini*, *Ficus benjamina*, *Callistemon citrinus*, *Casuarina equisetifolia*.

I. Introducción

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas. Existen cuatro tipos de servicios ecosistémicos: servicios de abastecimiento (productos obtenidos directamente del ecosistema), servicios reguladores (beneficios que se derivan del control natural del ecosistema), servicios culturales (beneficios no materiales que las personas obtienen del entorno natural) y servicios de soporte (procesos necesarios para el mantenimiento del resto de los servicios) (FAO, 2020).

El arbolado urbano es esencial para el bienestar de las personas y el medio ambiente en las ciudades, los árboles proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos, desde la absorción de carbono y la eliminación de contaminantes del aire hasta la reducción de la temperatura y la retención de agua. También son un hábitat vital para la fauna urbana y contribuyen a la biodiversidad en las zonas urbanas. Por lo tanto, es importante proteger y fomentar el arbolado urbano en las ciudades.

Es por ello que es de gran importancia contar con un inventario y caracterización de las especies que se encuentran en el área urbana, para poder conocer los beneficios que están aportando a la sociedad, así como asignarles un valor económico a todos estos servicios, de igual manera valorar cada árbol en función de los beneficios que aporta y poder tener un estimado en cuanto a compensación económica, si se desea remover un árbol de un sitio en particular.

El objetivo de la investigación fue determinar la composición, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en el Complejo Urbanización Universitaria-Reparto Santa Fe-Centro Escolar Miguel Pinto en el municipio de San Salvador. Será de gran importancia para las instituciones pertinentes, ya que ofrece la posibilidad de conocer la cantidad de árboles que se encuentran en ese sector de la ciudad, su tamaño, su salud, los beneficios que aportan, e identificar si se encuentran en conflicto con las aceras o el tendido eléctrico, ya que podrían poner en peligro la seguridad de la población; también servirá para la toma de decisiones de los responsables de la planificación urbana, reforzar los conocimientos y datos que ya se tienen, como también generar nueva información que se podrá tomar en cuenta para futuros proyectos e investigaciones por parte de las instituciones correspondientes.

5. Información de la unidad productiva

5.1. Datos generales

La visión estratégica de la OPAMSS, posibilita trabajar bajo una estructura organizativa en la que el brazo social cada vez se fortalece más, pero los pilares de planificación, investigación y control del desarrollo urbano, responden con mayor capacidad a las dinámicas territoriales que llevan a reconocer el valor de “construir sobre lo construido”, llegando a posibilitar un territorio metropolitano de mayor compacidad y accesibilidad, más combinado en sus usos y más caminable, pero con advertencias más amplias para el manejo adecuado de sus vulnerabilidades socio-ambientales y territoriales, sin dejar de lado el recurso natural existente en el territorio.

5.1.1. Localización

La OPAMSS, inicia sus funciones en 1990 en las instalaciones de la Alcaldía de San Salvador y en el año 1998 la OPAMSS adquiere su actual edificación en la Colonia Layco, San Salvador

5.1.2. Antecedentes

Según el Instituto de Acceso a la Información Pública (2017), la gestión institucional en el Área Metropolitana de San Salvador, surge en el año de 1987, a partir de la iniciativa de 11 alcaldes municipales, con el objetivo de desarrollar gestiones conjuntas para la reconstrucción de las ciudades y municipios destruidos por el terremoto del 10 de octubre de 1986, ya que este evento de crisis hizo reflexionar a los Alcaldes de los municipios antes mencionados en la necesidad de estar unidos para enfrentar la problemática y de esta forma canalizar los apoyos que se estuvieron recibiendo para la reconstrucción de las ciudades y además por tener el respaldo legal definido en el marco del Código Municipal (aprobado en el año 1986, en sus Arts. 14, 15 y 16) en los cuales está identificada la modalidad de la asociatividad o mancomunidad de los municipios. En este contexto se agruparon 11 municipios conformando la primera mancomunidad de municipios a nivel nacional; que inicialmente se denominó Consejo de Alcaldes de la Zona Metropolitana de San Salvador.

Actualmente el AMSS está conformada por 14 Municipios, 12 del Departamento de San Salvador, Apopa, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Delgado, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, San Marcos, San Martín, Tonacatepeque, Soyapango y la ciudad capital de San Salvador

y 2 del Departamento de La Libertad, Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla, siendo Tonacatepeque el último en incorporarse en el año de 1996.

La Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, fue creada por el COAMSS por medio de acuerdo municipal en octubre de 1988, como una entidad eminentemente técnica, descentralizada y autónoma. Inicio sus funciones de control del desarrollo urbano en 1990, año en el que se oficializó institucionalmente su creación por medio de la publicación del acuerdo de creación en el Diario Oficial de fecha 3 de febrero de 1990. La OPAMSS se convierte desde esa fecha en la secretaría técnica del COAMSS y su principal brazo técnico, encargada de la investigación y el análisis de los problemas de desarrollo urbano, la planificación y control del territorio y la promoción del desarrollo económico, con una visión estratégica y unificada de la metrópoli.

5.1.3. Recursos

5.1.3.1. Naturales

La OPAMSS apuesta a temas del arbolado y renaturalización del Área Urbana del AMSS, siendo este su principal recurso natural en cuanto a propiciar proyectos y mecanismos que valoricen estos componentes de la ciudad.

5.1.3.2. Instalaciones y equipos

Las instalaciones de la OPAMSS incluyen una oficina central y dos anexas, los encargados del tema ambiental, están designados en las instalaciones centrales y cuentan con equipos tecnológicos de computadoras de escritorio o laptop, equipamiento para medición de calidad del aire, fotogrametría, cámara térmica, de medición de permeabilidad y medición de humedad, información que es relacionada con el trabajo realizado.

5.1.3.3. Humanos

La OPAMSS cuenta con un recurso humano de aproximadamente 120 personas, entre ellas, 5 ocupan cargos relacionados a temas ambientales y que se encuentran en unidad ambiental y unidad de innovación al desarrollo metropolitano.

5.2. Actividades actuales

5.2.1. Producción principal y otras

Actualmente la OPAMSS, impulsa un proyecto de Operación Urbana Integral, en el polígono de la San Luis, y que busca a través de mecanismos de planificación y financieros, generar oportunidades de mejoras al sector, pero no se puede dejar de lado el recurso natural existente en el territorio, y por eso el contar con la información de especies arbóreas existentes es de suma importancia para la institución.

5.2.2. Situación técnica

La OPAMSS cuenta con diversas especialidades que ayudan a que las decisiones consideren los diversos puntos de vistas de las ramas, y es la ambiental, de las que cuenta con mayor equipo técnico especializado, y con experiencia en campos como el de recursos naturales.

5.2.3. Situación administrativa

La OPAMSS por ser el brazo técnico de los 14 municipios del AMSS, y de lograr actuaciones desde el otorgamiento de permisos hasta de implementar proyectos en territorio, cuentan con incidencia en la administración de los recursos de los municipios, pero cabe resaltar que la función es mas de asesoramiento técnico a los gobiernos locales, con investigaciones y desarrollo de información a detalle.

6. Análisis de la problemática en sector

La OPAMSS en el marco de la revitalización del centro histórico Fase 1 y las intervenciones realizadas en el Parque Cuscatlán, recientemente logró capacitar a técnicos en la metodología i-Tree, y aunque la aplicación y la información obtenida es muy relevante como insumo a la planificación urbanística, la OPAMSS tiene relativamente poco personal para dedicarse a un trabajo de censo en general, a la vez no se cuenta con el equipo técnico necesario para realizar evaluaciones más a detalle del proceso de censado de árboles.

Es a partir de lo anterior, que la OPAMSS ve oportuno y estratégico el vínculo con la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, con el principal objetivo de realizar esta aplicación de metodología de levantamiento de información en

campo, en sectores priorizados para aplicar los resultados obtenidos en la planificación misma del territorio.

7. Metodología

7.1 Descripción general del área

La investigación se llevó a cabo en el complejo denominado Urbanización Universitaria-Reperto Santa Fe - Centro Escolar Miguel Pinto (Figura 1), con coordenadas geográficas 13°43'09"N y 89°12'33"W, donde se realizó el levantamiento de datos del arbolado, en un área total de 36.97 ha y abarca Colonias como Urbanización Universitaria, Reperto Santa Fe y parte de la comunidad San José Obrero, en el municipio de San Salvador, se registra una elevación de 771 msnm, precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura anual entre 22° y 27°C, humedad relativa de 82% y una velocidad del viento de 15 km/h.



Figura 1. Complejo Urbanización Universitaria-Reperto Santa Fe- Centro Escolar Miguel Pinto, municipio de San Salvador.

7.2 Fase preliminar

- Se realizó una reunión inicial con los técnicos de la unidad ambiental de la OPAMSS, en la cual se definió quien sería la asesora externa, el área de estudio y los objetivos, así como los lineamientos generales y compromisos de las partes para llevar a feliz término la investigación.
- Posteriormente se realizó un recorrido general por la zona de estudio con autoridades de la OPAMSS, para revisar todas las calles, parques y avenidas incluidas en la zona donde se realizaría la investigación. (Figura A-1)
- Se conversó con los actores locales de los diferentes sectores, para gestionar los permisos respectivos para el ingreso y toma de datos, principalmente en colonias privadas que tienen controles de vigilancia (Figura A-2)

7.3 Fase de campo

7.3.1 Levantamiento de información de flora

El estudio se realizó en 36.6 ha, equivalente al 99% del área total, esto debido a que no se tuvo acceso a algunos sectores.

Se inventariaron las especies ubicadas en los arriates de las aceras de calles y avenidas y en los parques incluidos en el área de estudio.

Se tomaron en cuenta sólo los árboles/arbustos/palmeras con un diámetro a la altura del pecho (1.30 m) mayores o iguales a 5 cm, debido a que son los individuos que pueden ser considerados con un desarrollo idóneo y que reúnen características que son necesarias para el cálculo de las variables según el programa utilizado. Para registrar la información de las especies, se utilizó una hoja de campo definida por el programa i-Tree (Figura A-3), que incluye las siguientes variables:

- Código de árbol y estatus, ya sea plantado, por dispersión natural o desconocido.
- Datos del árbol: georreferenciación con GPS (Figura A-4), diámetro del fuste o tronco a una altura de 1.3 m del suelo (Figura A-5), toma de altura total con hipsómetro laser (Figura A-6) y las características de la copa y medición del ancho de la copa de norte-sur y este-oeste con cinta métrica (Figura A-7). Para la medición de los diámetros, se utilizó una cinta diamétrica marca WEISS; y para la medición de altura se utilizó un hipsómetro marca NIKON.

- Identificación taxonómica del árbol: se hizo directamente en campo, a través de fotografías y revisión bibliográfica, sin recolecta ni extracción de material. Las especies que no fue posible identificar en el sitio, fueron identificadas posteriormente utilizando fotografías y consulta bibliográfica (Monro *et al.* 2001).
- Porcentaje de muerte regresiva, copa expuesta a la luz y porcentaje de arbustos alrededor de cada individuo.
- Archivo fotográfico de arboles

7.3.2 Levantamiento de información de fauna

Se elaboró un listado preliminar de las especies avistadas durante la toma de datos de flora, debido a problemas con la seguridad.

7.4 Fase de oficina

- Elaboración de base de datos: con la información obtenida de los árboles, arbustos y palmeras, se elaboró una base de datos en Excel, que incluía nombre de la calle, nombre común, nombre científico, familia, altura total, altura a la copa verde, altura a la parte más baja de copa, lados que recibe sol, diámetro a la altura de pecho, anchos de copa, muerte regresiva, copa faltante, conflictos y ubicación en GPS. (Figura A-8)
- Incorporación de datos de campo en el programa i-Tree Eco®: la base de datos generada en Excel: se verificó con la base de datos de i-Tree Eco®, específicamente el nombre y código de la especie, y luego se procedió a incorporar en i-Tree Eco® toda la información recolectada, (Figura A-9).
- Envío de datos verificados en el programa i-Tree Eco®, al Servicio Forestal de los Estados Unidos.
- Recepción de reporte de análisis de los datos enviado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos.
- Ordenamiento, clasificación y análisis de toda la información obtenida en campo y reporte del servicio forestal de los Estados Unidos, para estructurar y ordenar los resultados.

8. Resultados y discusión.

8.1 Composición florística

La composición florística de la zona de estudio se presenta en el cuadro 1. Se encontraron 1,173 individuos en la unidad de análisis utilizada que fue de 36.6 ha (99%) (Figura A-22). Están comprendidos en 39 familias, 83 géneros y 94 especies. De las especies encontradas, el 63% son introducidas (59) y el 37% son nativas (35), el 19% son arbustos, el 71% son árboles y el 10% son palmeras.

En general se puede considerar que existe una diversidad muy alta, tomando en cuenta que la riqueza específica es de 94, y 83 géneros diferentes distribuidos en 39 familias botánicas. Estos valores se pueden considerar muy altos si se comparan con los obtenidos por Henríquez Cornejo y Blanco Márquez, 2001, en un estudio realizado en gran parte de la ciudad de San Salvador, evaluando especies arbóreas y arbustivas utilizadas como ornamentales, en donde encontraron 47 familias, 112 especies y 91 géneros, pero en un área mucho mayor que la de esta investigación, ya que el área de estudio fue solamente de 36.6 ha.

Se puede comprobar que, en las ciudades, generalmente las personas prefieren plantar frente a sus viviendas, especies que tengan usos ornamentales, ya sea por sus flores o por su valor estético.

Generalmente los bosques urbanos o periurbanos están compuestos de una mezcla de especies de árboles y arbustos nativos e introducidos. En este caso hay predominancia de las especies introducidas (63%) sobre las nativas (37%), bastante similar a lo encontrado por los autores mencionados, quienes encontraron que un 60% de las especies fueron introducidas y 40% fueron nativas.

El comportamiento de las familias con mayor representatividad es el siguiente: Fabaceae con 14 especies y 72 individuos en total, Myrtaceae con 9 especies y 234 individuos en total, de los cuales *Syzygium cumini* es el más abundante con 141 individuos y *Callistemon citrinus* con 56; Moraceae con 5 especies y 173 individuos en total, en donde el más dominante es *Ficus benjamina* con 168 individuos; Combretaceae solamente con 2 especies pero con una dominante que es *Terminalia catappa* con 114 individuos; Arecaceae con 9 especies de palmeras, en donde las más abundantes son *Adonidia mirrelli* y *Dyopsis lutescens* con 44 y 38 individuos, respectivamente.

La familia con mayor número de especies es Fabaceae con 14, de las cuales la más abundante es *Andira inermis* con 34 individuos. La familia Bignoniaceae presentó 6 especies con un total de 76 individuos, siendo las dos más dominantes, *Tabebuia rosea* y *Tecoma stans* con 33 y 21 individuos, respectivamente.

Por otra parte, la familia Lauraceae solamente presentó una especie, aunque con un buen número de individuos, como es *Persea americana* con 51.

Entre las familias con menos abundancia de especies e individuos, se encuentran las siguientes: Apocynaceae con una especie y un individuo, *Nerium oleander*; Araucariaceae con 1 de *Araucaria heterophylla*; Dilleniaceae con 1 de *Dillenia indica*; Lecythydaceae con 1 de *Couroupita guianensis*; Araliaceae con 2 especies con 1 individuo cada una, *Schefflera arboricola* y *Dendropanax arboreus*.

Cuadro 1. Composición florística del área de estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Habito	Origen	No. de individuos
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	A	N	4
	<i>Mangifera indica</i>	Mango	A	I	45
	<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	A	I	15
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pimientillo	A	I	1
Annonaceae	<i>Annona diversifolia</i>	Anona	A	N	2
	<i>Annona muricata</i>	Guanaba	A	N	4
	<i>Cananga odorata</i>	Yláng yláng	A	I	1
Apocynaceae	<i>Polyalthia longifolia</i>	Pino hindú	A	I	17
	<i>Nerium oleander</i>	Narciso	Ab	I	1
Araliaceae	<i>Schefflera arboricola</i>	Cheflera	Ab	I	1
	<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de león	A	N	1
Araucariaceae	<i>Araucaria heterophylla</i>	Araucaria	A	I	1
	<i>Cocos nucifera</i>	Coco	P	N	6
	<i>Caryota urens</i>	Espina de pescado	P	I	2
Areaceae	<i>Wodyetia bifurcata</i>	Palmera cola de zorro	P	I	1
	<i>Bismarckia nobilis</i>	Palmera de Madagascar	P	I	1
	<i>Brahea salvadorensis</i>	Palmera de sombrero	P	N	6
	<i>Dypsis lutescens</i>	Palmera egipcia	P	I	38
	<i>Adonidia merrillii</i>	Palmera miami	P	I	44
	<i>Phoenix roebelenii</i>	Palmera pigmea	P	I	10
	<i>Roystonea regia</i>	Palmera real	P	I	1

Asparagaceae	<i>Yucca gigantea</i>	Izote	Ab	I	17	
	<i>Dracaena fragans</i>	Izote extranjero	Ab	I	2	
	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Cortés blanco	A	N	5	
	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Cortés negro	A	N	1	
Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	Llama de bosque	A	I	7	
	<i>Tabebuia rosea</i>	Maquilishuat	A	N	33	
	<i>Crescentia alata</i>	Morro	A	N	9	
	<i>Tecoma stans</i>	San Andrés	A	N	21	
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	A	I	35	
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco	A	I	2	
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Barillo	A	N	15	
	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro de playa	A	N	114	
Combretaceae	<i>Terminalia ivorensis</i>	Almendro extranjero	A	I	5	
	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	A	N	12	
Cupressaceae	<i>Thuja occidentalis</i>	Tuya	Ab	I	11	
	<i>Dillenia indica</i>	Magnolia	A	I	1	
Euphorbiaceae	<i>Cnidioscolus aconitifolius</i>	Chaya	Ab	N	3	
	<i>Codiaeum variegatum</i>	Croto gigante	Ab	I	13	
	<i>Andira inermis</i>	Almendro de río	A	N	34	
	<i>Myroxylon balsamum</i>	Bálsamo	A	N	1	
	<i>Calliandra eriophylla</i>	Calliandra	Ab	I	1	
	<i>Cassia grandis</i>	Carao	A	N	2	
	<i>Bauhinia purpurea</i>	Casco de venado	Ab	I	9	
	<i>Senna siamea</i>	Flor amarilla	A	I	11	
	Fabaceae	<i>Delonix regia</i>	Flor de fuego	A	I	3
		<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Guacamaya	Ab	I	2
		<i>Cassia fistula</i>	Lluvia de oro	A	I	3
		<i>Gliricidia sepium</i>	Madre cacao	A	N	2
		<i>Inga paterno Harms</i>	Paterna	A	N	1
		<i>Inga vera</i>	Pepeto de río	A	N	1
<i>Inga punctata</i>		Pepeto negro	A	N	1	
<i>Erythrina berteroana</i>		Pito nacional	A	N	1	
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	A	N	51	
Lecythidaceae	<i>Couroupita guianensis</i>	Bala de cañón	A	I	1	
	<i>Lagerstroemia indica</i>	Júpiter	Ab	I	4	
Lythraceae	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Júpiter de java	A	I	30	
	<i>Magnolia champaca</i>	Falsa magnolia	A	I	20	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	A	N	13	
Malvaceae	<i>Theobroma cacao L</i>	Cacao	Ab	N	1	
	<i>Azadirachta indica</i>	Neem	A	I	2	
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	Paraíso	A	I	3	

	<i>Ficus trigonata</i>	Amate	A	I	1
	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Jackfruit	A	I	2
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la india	A	I	168
	<i>Ficus sp.</i>	Mata palo	A	I	1
	<i>Morus alba</i>	Morera	Ab	I	1
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	A	I	4
	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	A	N	6
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Arrayán	A	N	10
	<i>Callistemon citrinus</i>	Calistemo	A	I	56
	<i>Syzygium cumini</i>	Cerezo de Belice	A	I	141
Myrtaceae	<i>Eucalyptus sp</i>	Eucalipto	A	I	7
	<i>Syzygium samarangense</i>	Manzana de agua	A	I	1
	<i>Syzygium jambos</i>	Manzana rosa	A	I	4
	<i>Syzygium malaccense</i>	Marañón japoses	A	I	7
	<i>Pimenta dioica</i>	Pimienta gorda	A	I	2
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i>	Carambola	Ab	I	2
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus acidus</i>	Guinda	A	I	2
Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>	Pino	A	N	13
Piperaceae	<i>Piper tuberculatum</i>	Cordoncillo	Ab	N	1
Polygonaceae	<i>Triplaris melaenodendron</i>	Mulato	A	N	1
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>	Gravileo	A	I	10
Rhamnaceae	<i>Colubrina arborescens</i>	Chaquiro	A	N	1
	<i>Ixora coccinea</i>	Ixora	Ab	I	1
Rubiaceae	<i>Mussaenda erythrophylla</i>	Musa	Ab	N	1
	<i>Morinda citrifolia</i>	Noni	A	I	3
	<i>Citrus aurantifolia</i>	Limón	A	I	8
Rutáceae	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja	A	I	1
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamon	A	I	2
	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito	A	N	2
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote	A	N	2
Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Aceituno	A	N	6
Theophrastaceae	<i>Jacquinia aurantiaca</i>	Mirra	Ab	I	1
	TOTAL	94			1173

Simbología

A=Árbol

I=Introducido

Ab= Arbusto

N=Nativo

P=Palmera

8.1.1 Comportamiento de especies arbóreas

Este es el grupo predominante con 66 especies (71%) y 992 individuos que representan el 84.6% del total (Cuadro 1). Las cinco especies con mayor número de individuos en su orden fueron las siguientes: *Ficus benjamina* con 168 (14.3%), *Syzygium cumini* con 141 (12%), *Terminalia catappa* con 114 (9.7%), *Callistemon citrinus* con 56 (4.8%) y *Persea americana* con 51 individuos equivalente al 4.3%.

También se encontraron otras especies con valores altos en cuanto a número de individuos, entre las cuales se encuentran: *Mangifera indica* con 45; *Casuarina equisetifolia* con 35; *Andira inermis* con 34; *Tabebuia rosea* con 33 y *Tecoma stans* con 21.

En general, se puede considerar que la cantidad de especies arbóreas que se encuentran en la zona de estudio es muy alta, las cuales han sido plantadas por las personas con diferentes propósitos; aunque la mayoría de ellas no son especies recomendadas para plantarlas en los arriates de las aceras, por sus características morfológicas, tipo de crecimiento, entre otras.

Al comparar estos resultados con lo que plantea COAMSS-OPAMSS, 2020, en el Catálogo para la selección de especies arbóreas y vegetativas para sembrar en los **arriates de las aceras**, se puede ver que la mayoría de las especies encontradas, no aparecen reportadas para ser plantadas en esos sitios; únicamente 10 de ellas (15%) son adecuadas según sus características. Algunas de estas son las siguientes: *Simarouba glauca*, *Terminalia catappa*, *Cassia fistula*, *Psidium guajava*, *Tecoma stans*.

Por otra parte, se encontraron 56 especies (85%) que no son propuestas para esos sitios, lo que se complica más aun, cuando las personas no les dan el manejo adecuado, generando de esa manera inconvenientes no solo para los vecinos sino también para la infraestructura, cunetas, aceras y tendido eléctrico, convirtiéndose también en un peligro por el riesgo de ser derribados por el viento, generando otro tipo de problemas para las personas y las instituciones responsables del mantenimiento (alcaldía, protección civil, entre otras).

Entre las especies encontradas que no son recomendadas para estos espacios están: *Ficus benjamina*, *Casuarina equisetifolia*, *Tabebuia rosea*, *Grevillea robusta*, *Triplaris*

meleanodendron, *Pinus caribaea*, *Syzygium cumini*, *Eucalyptus sp.*, *Myroxylon balsamum*, *Callophyllum brasiliense*, entre otras.

Por otra parte, en lo que respecta a las **áreas abiertas (plazas, parques)**, en el área de estudio solamente se encontraron dos parques pequeños (parque Sara Palma de Jule y Dr. Carlos Antonio Herrera Rebollo) (figura 2). Algunas de las especies encontradas en estos espacios, si aparecen en el listado propuesto por COAMSS-OPAMSS, 2020, como por ejemplo *Persea americana* y *Callophyllum brasiliense*. También se encontraron otras especies que, aunque no aparecen en el listado propuesto, se considera que pueden ser adecuadas para estos sitios, entre las cuales se encuentran *Ficus benjamina*, *Mangifera indica*, *Senna siamea*, *Melicoccus bijugatus*, *Tecoma stans*, *Gliricidia sepium*, entre otras.

Estas especies plantadas en sitios abiertos como parques pueden crecer bastante sin generar mayores problemas; además, generan una serie de servicios ecosistémicos como captura y almacenamiento de carbono, producción de oxígeno, microclima adecuado para las personas, alimento y hábitat para para la fauna, entre otros.



Figura 2. *Callophyllum brasiliense* y *Ficus benjamina* en parque Dr. Carlos Antonio Herrera Rebollo



Figura 3. *Senna siamea* en parque Sara Palma de Jule.

8.1.2 Comportamiento de especies arbustivas

Este grupo fue el segundo en cuanto a número de especies con 19 (19%) y 72 individuos que representan el 6.1% del total. Las cinco especies con mayor abundancia en su orden fueron las siguientes: *Yucca gigantea* con 17 (23.6%), *Codiaeum variegatum* con 13 (18.1%), *Thuja occidentalis* con 11 (15.3%), *Bauhinia purpurea* con 9 (12.5%) y *Lagerstroemia indica* con 4 (5.6%).

En cuanto a este tipo de especies y comparando con lo que plantea COAMSS-OPAMSS, 2020, en el Catálogo para la selección de especies arbóreas y vegetativas para sembrar en los **arriates de las aceras**, se puede ver que la mayoría de las especies encontradas, no están incluidas en la lista propuesta para esos sitios; solamente *Caesalpinia pulcherrima* se encuentra en dicho listado. El resto de las especies arbustivas, a pesar de no aparecer en la propuesta, se pueden considerar adecuadas para estos sitios,

tomando en cuenta que reúnen la mayoría de las características consideradas por los autores, como son altura máxima, forma de copa, tipo de raíz, entre otras.

Además de las mencionadas anteriormente, también se encontraron *Mussaenda erythrophylla*, *Piper tuberculatum*, *Cnidioscolus aconitifolius*, *Nerium oleander*, entre otras.

8.1.3 Comportamiento de las palmas

Aunque algunos autores clasifican a las palmas como árboles, en este caso se consideró hacer un análisis aparte, tomando en cuenta que se encontraron varias especies con una cantidad considerable de individuos plantadas en estos sitios.

En este grupo se encontraron 9 especies (10%) y 109 individuos que representan el 9.3% de la población total. Las cinco especies con mayor dominancia en su orden fueron las siguientes: *Adonidia merrillii* (figura 4) con 44 individuos (40.4%), *Dypsis lutescens* con 38 (34.9%), *Phoenix roebelenii* con 10 (9.2%), *Brahea salvadorensis* y *Cocos nucifera* con 6 individuos cada una, equivalente al 5.5% cada una.



Figura 4. *Adonidia merrillii* en arriates de acera.

Es importante mencionar, que en los listados propuestos por COAMSS-OPAMSS, 2020, no aparecen las palmas en ninguno de los sitios considerados. A pesar de ello, la mayoría de las especies encontradas en este estudio, no presentaban mayor problema ni interferencias con aceras ni tendido eléctrico, y además son muy vistosas como ornamentales y proveen alimento y hábitat para la fauna, por lo tanto, se considera que pueden ser utilizadas para estos sitios (arriates de aceras y espacios abiertos como parques o plazas).

Además de las mencionadas anteriormente, se encontró *Caryota urens*, *Roystonea regia*, *Bismarckia nobilis*, entre otras.

8.2 Interferencia-conflicto de los árboles con las aceras - zanja de desagüe/cunetas

Uno de los problemas que se generan cuando no se plantan o se seleccionan las especies adecuadas para el sitio de interés, es la interferencia o el conflicto que las raíces de los árboles provocan con el arriate, la zanja de desagüe y la acera que se encuentra a su alrededor, incluso muchas veces con las tuberías de agua potable. Esto se debe principalmente a que las características del árbol (tipo de raíz, tamaño, tipo de crecimiento, entre otros) no son las adecuadas para el espacio disponible que se tiene frente a las viviendas en la ciudad (Figura A-23).

Este problema es bastante común en la zona de estudio, en donde se encontraron 31 especies que, al momento de realizar el inventario, estaban causando algún tipo de conflicto o interferencia con esta infraestructura. (cuadro 2, figura 6)

Cuadro 2. Listado de especies causando conflicto con la acera-zanja de desagüe.

Especie	Cantidad	Especie	Cantidad
<i>Adonidia merrillii</i>	1	<i>Magnolia champaca</i>	3
<i>Anacardium occidentale</i>	1	<i>Mangifera indica</i>	15
<i>Andira inermis</i>	8	<i>Moringa oleifera</i>	1
<i>Byrsonima crassifolia</i>	1	<i>Persea americana</i>	5
<i>Callistemon citrinus</i>	13	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1
<i>Calophyllum brasiliense</i>	9	<i>Psidium guajava</i>	1
<i>Cananga odorata</i>	1	<i>Simarouba glauca</i>	3
<i>Cassia grandis</i>	1	<i>Spondias purpurea</i>	1

<i>Senna siamea</i>	3	<i>Syzygium cumini</i>	10
<i>Casuarina equisetifolia</i>	10	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	<i>Tabebuia rosea</i>	10
<i>Dyopsis lutescens</i>	2	<i>Tecoma stans</i>	4
<i>Ficus benjamina</i>	13	<i>Terminalia catappa</i>	17
<i>Grevillea robusta</i>	3	<i>Terminalia ivorensis</i>	1
<i>Lagerstroemia indica</i>	1	<i>Triplaris melaenodendron</i>	1
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	1	TOTAL	144

Las personas muchas veces deciden plantar una determinada especie frente a su vivienda porque se la regalaron, porque la han observado en otros lugares, o porque alguien le dijo que podía sembrarla. En general la intención es buena, porque lo hacen pensando en algún beneficio que les puede generar (principalmente sombra u ornamental, según sea el caso); sin embargo, cada especie tiene sus propias características y requiere de un manejo específico, que en la mayoría de los casos se desconoce o simplemente no se aplica y, además, no se cuenta con el apoyo técnico por parte de alguna institución o en su caso por la dependencia responsable de la municipalidad.



Figura 5. Especies y número de árboles que causan daño en aceras – zanja de desagüe

Se puede observar en el cuadro 2 y figura 5, que las especies con mayor número de individuos en el área de estudio y que están generando problemas en las aceras/zanjas de desagüe son *Terminalia catappa* con 17 árboles, *Mangifera indica* con 15, *Ficus*

benjamina y *Callistemon citrinus* con 13 cada uno, *Casuarina equisetifolia*, *Syzygium cumini* y *Tabebuia rosea* con 10 árboles cada una.

También *Callophyllum brasiliense*, *Andira inermis*, *Persea americana*, *Grevillea robusta*, entre otras, se encontraron con valores altos generando este tipo de problemas.

De éstas, las que más problemas generan son *F. benjamina*, *C. equisetifolia*, *C. brasiliense*, porque son especies de mucho crecimiento que necesitan mucho espacio para el desarrollo de sus raíces, tallo y copa, y que en muchos casos el arriate de la acera donde se encuentran es muy limitado. Estas son algunas de las razones por las cuales no aparecen en el catálogo de COAMSS-OPAMSS, 2020, como especies propuestas para ser plantadas en estos sitios.



Figura 6. Tronco y raíces de *Casuarina equisetifolia* generando conflicto con cuneta y acera

8.3 Interferencia de los árboles con tendido eléctrico y cables de telefonía

Otro de los problemas que se generan cuando no se plantan las especies adecuadas en un sitio, o no se les da el mantenimiento adecuado, es el daño o interferencia que provocan con el tendido eléctrico, postes u otro tipo de cables que se encuentran en las calles de las ciudades.

En el cuadro 3 y figura 8, se presenta el listado de especies de la zona de estudio que, al momento de realizar el levantamiento, se encontraron causando interferencia directa con postes y cables del tendido eléctrico y de telefonía (Figura A-24).

Cuadro 3. Listado de especies causando interferencia con postes y tendido eléctrico.

Especie	Cantidad	Especie	Cantidad
<i>Adonidia merrillii</i>	6	<i>Lagerstroemia indica</i>	2
<i>Anacardium occidentale</i>	3	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	11
<i>Andira inermis</i>	12	<i>Magnolia champaca</i>	4
<i>Annona muricata</i>	1	<i>Mangifera indica</i>	23
<i>Araucaria heterophylla</i>	1	<i>Moringa oleifera</i>	3
<i>Bauhinia purpurea</i>	2	<i>Persea americana</i>	16
<i>Brahea salvadorensis</i>	2	<i>Phoenix roebelenii</i>	1
<i>Byrsonima crassifolia</i>	6	<i>Pimenta dioica</i>	1
<i>Callistemon citrinus</i>	24	<i>Pinus oocarpa</i>	7
<i>Calophyllum brasiliense</i>	9	<i>Polyalthia longifolia</i>	4
<i>Cananga odorata</i>	1	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1
<i>Cassia fistula</i>	2	<i>Psidium guajava</i>	1
<i>Cassia grandis</i>	1	<i>Roystonea regia</i>	1
<i>Senna siamea</i>	4	<i>Simarouba glauca</i>	2
<i>Casuarina equisetifolia</i>	23	<i>Spathodea campanulata</i>	1
<i>Cnidioscolus aconitifolius</i>	2	<i>Spondias purpurea</i>	1
<i>Cocos nucifera</i>	4	<i>Syzygium cumini</i>	31
<i>Crescentia alata</i>	1	<i>Syzygium malaccense</i>	2
<i>Delonix regia</i>	1	<i>Syzygium spp</i>	1
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	1
<i>Dypsis lutescens</i>	11	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2

<i>Erythrina berteroana</i>	1	<i>Tabebuia rosea</i>	10
<i>Eucalyptus sp</i>	3	<i>Tecoma stans</i>	6
<i>Ficus benjamina</i>	31	<i>Terminalia catappa</i>	53
<i>Ficus spp</i>	1	<i>Terminalia ivorensis</i>	3
<i>Grevillea robusta</i>	7	<i>Thuja orientalis</i>	2
<i>Inga paterno</i>	1	<i>Triplaris melaenodendron</i>	1
<i>Inga vera</i>	1	TOTAL	353

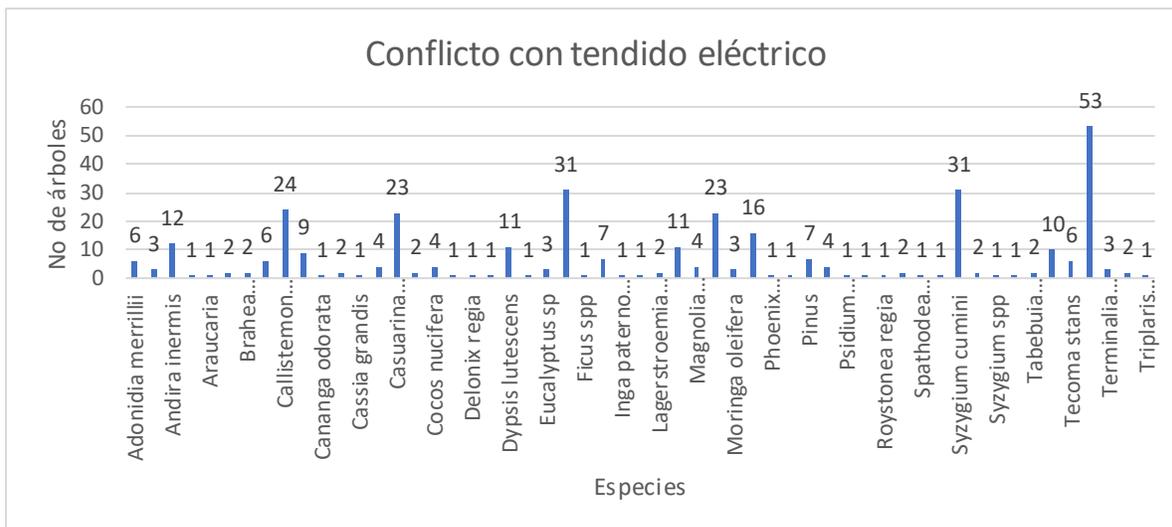


Figura 7. Especies y número de árboles con interferencia en el tendido eléctrico.

Puede observarse que es una cantidad bastante alta de las especies (55) que están causando algún tipo de interferencia con el tendido eléctrico y cables de telefonía. Las especies con mayor numero individuos son *Terminalia catappa* con 53 árboles, *Syzygium cumini* y *Ficus benjamina* con 31, *Callistemon citrinus* con 24, *Casuarina equisetifolia* y *Mangifera indica* con 23 árboles cada una. Como se observa, son las mismas que están causando problemas con las aceras, lo que indica que son especies de gran tamaño que, si se utilizan para estos espacios, deben tener un manejo adecuado cada cierto tiempo, o lo mejor sería no utilizarlas para estos sitios.



Figura 8. *Spathodea campanulata* interfiriendo con el tendido eléctrico.

8.4 Estructura del bosque urbano

La estructura del arbolado de la zona de estudio, también se puede visualizar en la figura 9, en términos de la distribución de las especies por clases diamétricas.

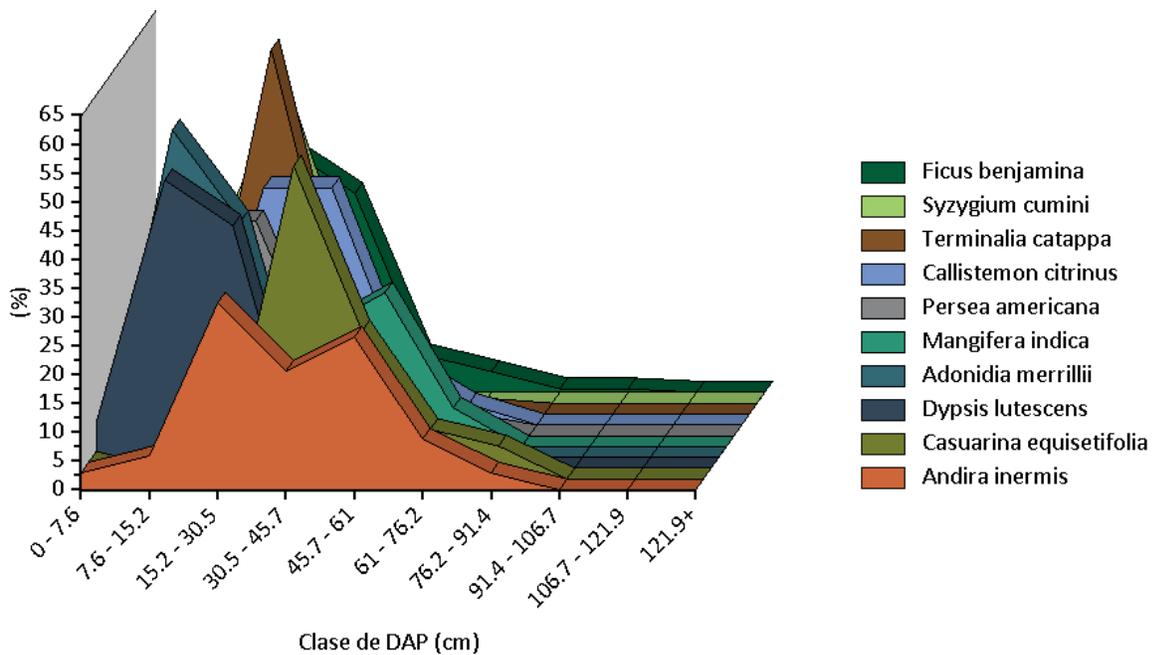


Figura 9. Distribución (%) de las especies por clases diamétricas

Se puede observar las 10 especies con el mayor número de individuos, aproximadamente el 55%, se encuentran en las primeras dos clases diamétricas, de 7.6 hasta 30.5 cm de diámetro a la altura del pecho, el 35% se encuentra las siguientes 4 clases diamétricas de 30.5 a 76.2 cm y el 10% de 76.2 hasta 106.7 cm, lo que significa que la mayoría de individuos son delgados, debido a que las personas tienden a plantar muchos árboles fuera de sus casas que los obtienen de diferentes lugares, además no se encuentran muchos árboles con diámetros grandes debido a que muchos han causado algún problema y han tenido que ser removidos para evitar daños a la población. Las especies con mayor diámetro fueron *Casuarina equisetifolias*, *Andira inermis* y *Mangifera indica* con un diámetro de 78 cm, 72.5 cm y 75.5 cm respectivamente.

8.5 Servicios ecosistémicos del arbolado

8.5.1 Eliminación de la contaminación

Los árboles pueden ser una parte importante de la solución al problema de la contaminación del aire en las ciudades, ya que extraen los contaminantes del aire de dos formas principales: absorción y deposición, la absorción se refiere a la captura de partículas por parte de las hojas, mientras que la deposición se refiere al proceso por el cual los contaminantes se adhieren a las superficies de los árboles también pueden ayudar a reducir la cantidad de contaminantes en el suelo, ya que sus raíces filtran y absorben los contaminantes del suelo, esto es especialmente importante para combatir la contaminación química, como pesticidas y fertilizantes, así como los metales pesados y otros productos químicos industriales (Martins, 2017).

Para maximizar el impacto positivo de los árboles en la remoción de contaminantes, es importante elegir cuidadosamente las especies adecuadas para un entorno determinado; algunas características morfológicas y fisiológicas permitirán que algunas plantas tengan mayor potencial para remover los contaminantes atmosféricos (Rodríguez *et al*, 2019)

además, el manejo adecuado del bosque urbano puede contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad del aire, lo que resulta en beneficios económicos significativos para una comunidad dada (Arroyave *et al*, 2019).

8.5.2 Eliminación de contaminantes por especie

En el cuadro 4 y figura 10 se presentan los diferentes contaminantes y la cantidad que las principales especies eliminan.

Cuadro 4. Eliminación de contaminantes y su valor económico asociado de las principales especies

Especies	Eliminación de contaminación (g/año)				Valor de eliminación (\$/año)			
	CO	O ₃	SO ₂	PM _{2.5}	CO	O ₃	SO ₂	PM _{2.5}
<i>Ficus benjamina</i>	1,298.5	11,640.8	2,568.1	32.3	2.3	150.5	1.8	15.1
<i>Mangifera indica</i>	1,169.2	10,486.3	2,313	30.4	2.0	135.5	1.6	13.6
<i>Syzygium cumini</i>	1,044.8	9,367.7	2,066.2	26.4	1.8	121.1	1.4	12.2
<i>Terminalia catappa</i>	964.5	8,643.3	1,906.2	24.4	1.7	111.7	1.3	11.2
<i>Andira inermis</i>	816.9	7,325.1	1,615.5	21.2	1.4	94.7	1.1	9.5
<i>Casuarina equisetifolia</i>	455.7	4,085.3	901	11.4	0.8	52.8	0.6	5.3
<i>Callistemon citrinus</i>	455.1	4,079.7	900	11.7	0.8	52.7	0.6	5.3
<i>Pinus caribaea</i>	327.5	2,938.3	648.2	8.6	0.6	38.0	0.5	3.8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	315.2	2,826.3	623.3	8	0.5	36.5	0.4	3.7
<i>Cassia siamea</i>	303.5	2,721.9	600.3	7.8	0.5	35.2	0.4	3.5
<i>Persea americana</i>	302.2	2,709.6	597.6	7.8	0.5	35.0	0.4	3.5

Puede observarse en el cuadro 4 y figura 10 que las especies que más contribuyen en la eliminación de contaminantes del aire son *Ficus benjamina*, *Mangifera indica* y *Syzygium cumini*, con la capacidad que poseen estas especies en sus hojas y corteza es muy buena para poder atrapar y absorber las partículas pequeñas y gases del ambiente que son producto de la contaminación de vehículos y actividades humanas.

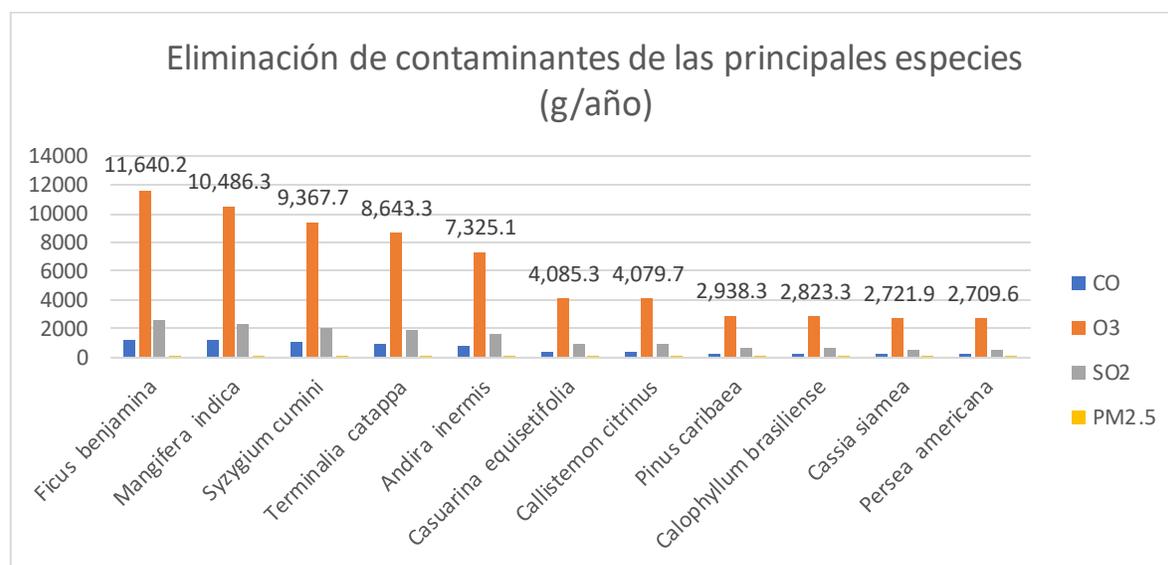


Figura 10. Eliminación de contaminantes en gramos por año de las principales especies.

En el figura 11 se puede observar que el contaminante que más tienden a eliminar los árboles es el ozono, en las cuales destacan las especies tales como *Ficus benjamina*, *Mangifera indica*, *Syzygium cumini* y *Terminalia catappa* L en la eliminación del ozono, con valores de 150.5, 135.5, 121.1 y 11.7 dólares/año respectivamente.

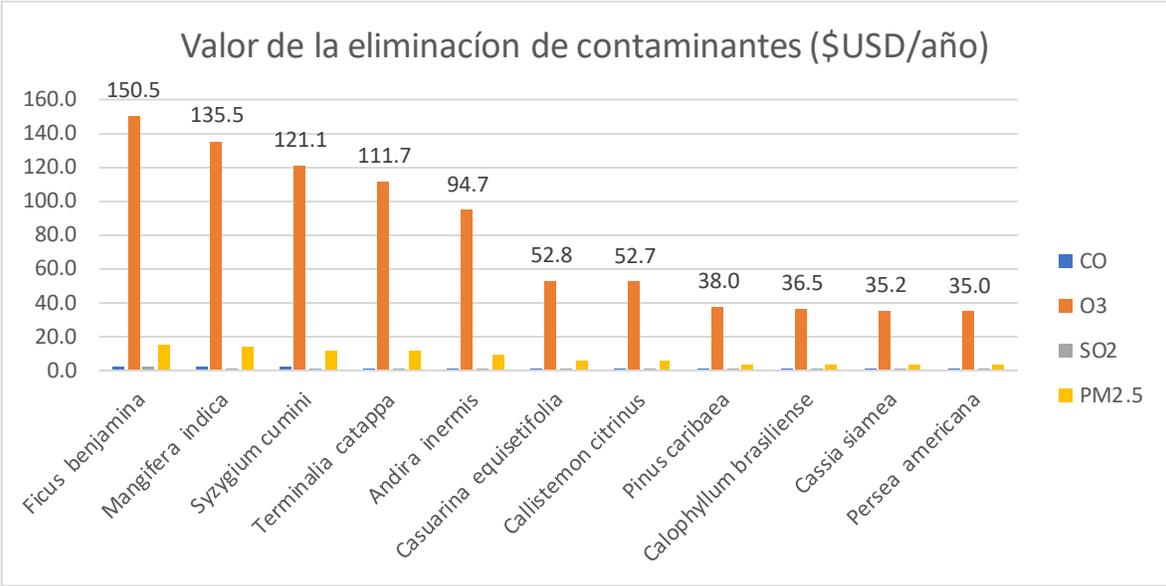


Figura 11. Valor de la eliminación de contaminantes en dólares por año de las principales especies.

8.5.3 Secuestro y almacenamiento de carbono

Los árboles son una importante fuente de almacenamiento de carbono, ya que pueden absorber dióxido de carbono (CO₂) a través de la fotosíntesis y almacenarlo durante su crecimiento, un árbol adulto puede almacenar hasta 167 kg de CO₂ por año, lo que contribuye a la reducción del calentamiento global. Además, los bosques también pueden almacenar grandes cantidades de carbono en el suelo (Garret, 2022).

Los beneficios del almacenamiento de carbono de los árboles van más allá del medio ambiente. Los árboles también ayudan a mejorar nuestra salud mental y física, limpian el aire para que podamos respirar con mayor facilidad y reducen los gastos en energía estas son solo algunas formas en que los árboles nos benefician. (Calvin y Kreye, 2022)

En el cuadro 5 y en el gráfico 6 se muestran los valores de secuestro de carbono, el número de árboles y valor asociado en dólares.

Cuadro 5. Principales especies secuestradoras de carbono y su valor en dólares.

Especie	Árboles	Secuestro de carbono (tm/año)	Valor (\$USD)
<i>Terminalia catappa</i>	114	2.41	479.67
<i>Ficus benjamina</i>	168	1.69	337.03
<i>Casuarina equisetifolia</i>	35	1.56	310.03
<i>Syzygium cumini</i>	141	1.29	256.28
<i>Andira inermis</i>	34	1	198.72
<i>Mangifera indica</i>	45	0.78	155.30
<i>Tabebuia rosea</i>	33	0.56	110.81
<i>Callistemon citrinus</i>	56	0.5	100.16
<i>Cassia siamea</i>	11	0.48	94.88
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	30	0.41	81.69

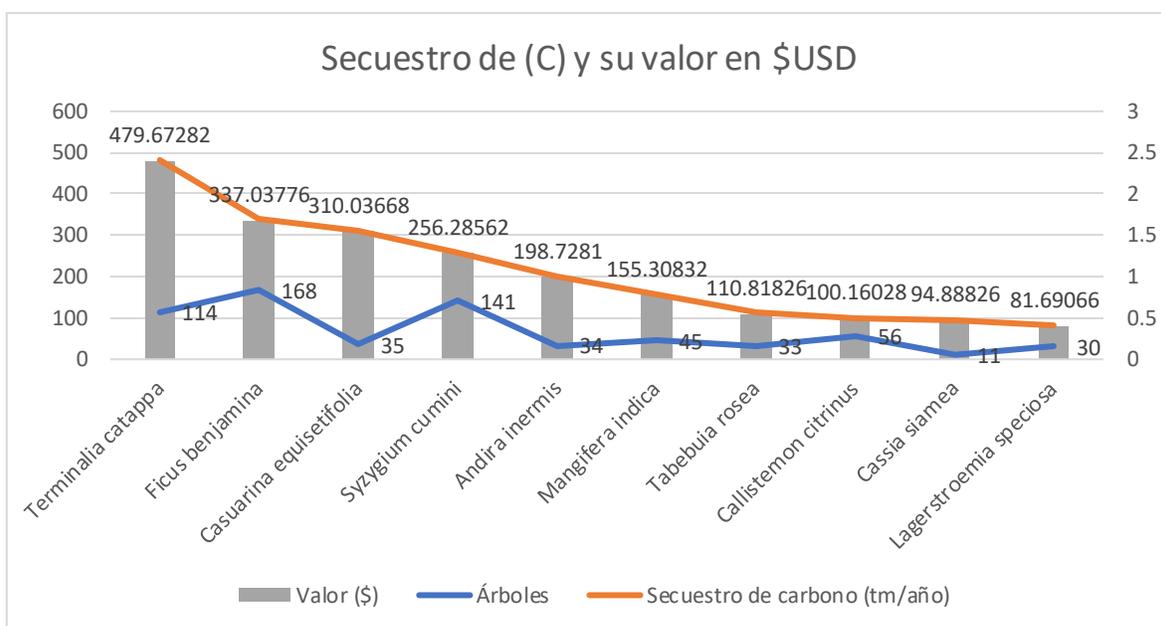


Figura 12. Secuestro de carbono en toneladas por año y su valor en dólares.

En la tabla y en la figura 12 se puede apreciar el secuestro de carbono en toneladas métricas por año y el valor asociado, la especie que más secuestra es *Terminalia catappa* con 2.41 t/año con 114 árboles y un valor asociado de 479.7 dólares, seguido de *ficus benjamina* con 1.69 t/año con 168 árboles, cabe destacar que *Casuarina equisetifolia* y *Andira inermis* con 35 y 34 individuos respectivamente secuestran una alta cantidad de carbono 1.56 t/año y 1 t/año respectivamente siendo muy eficientes en este proceso pero probablemente no adecuados para desarrollarse en las aceras sin el mantenimiento correspondiente.

En el cuadro 6 y gráfico 7 se presentan los valores de almacenamiento de carbono, el número de árboles y su valor asociado en dólares

Cuadro 6. Principales especies almacenadoras de carbono y su valor en dólares.

Especies	Almacenamiento de carbono (ton)	Equivalente (ton)	Número de árboles
<i>Casuarina equisetifolia</i>	17.7	64.8	35
<i>Terminalia catappa</i>	14.1	51.7	114
<i>Ficus benjamina</i>	12.4	45.5	168
<i>Andira inermis</i>	9.7	35.7	34
<i>Mangifera indica</i>	9.2	33.8	45
<i>Syzygium cumini</i>	8.5	31.3	141
<i>Callistemon citrinus</i>	8.1	29.6	56
<i>Calophyllum brasiliense</i>	6.7	24.4	15
<i>Tabebuia rosea</i>	5.9	21.6	33
<i>Triplaris melaenodendron</i>	0.8	3	1

Se puede observar tanto en cuadro 6 como en el gráfico 7 que de las especies registradas *Andira inermis* tiene una relación muy equilibrada ya que almacena casi una tonelada de carbono por árbol con un total de 35.7 t/año y 34 árboles siendo este muy exponente de almacenamiento de C, por otro lado, vemos que *Ficus benjamina*, *Syzygium cumini* y *Terminalia catappa* poseen muchos individuos 168, 141 y 114 en relación con el carbono almacenado 45.5, 31.1, 51.7 t/año respectivamente.

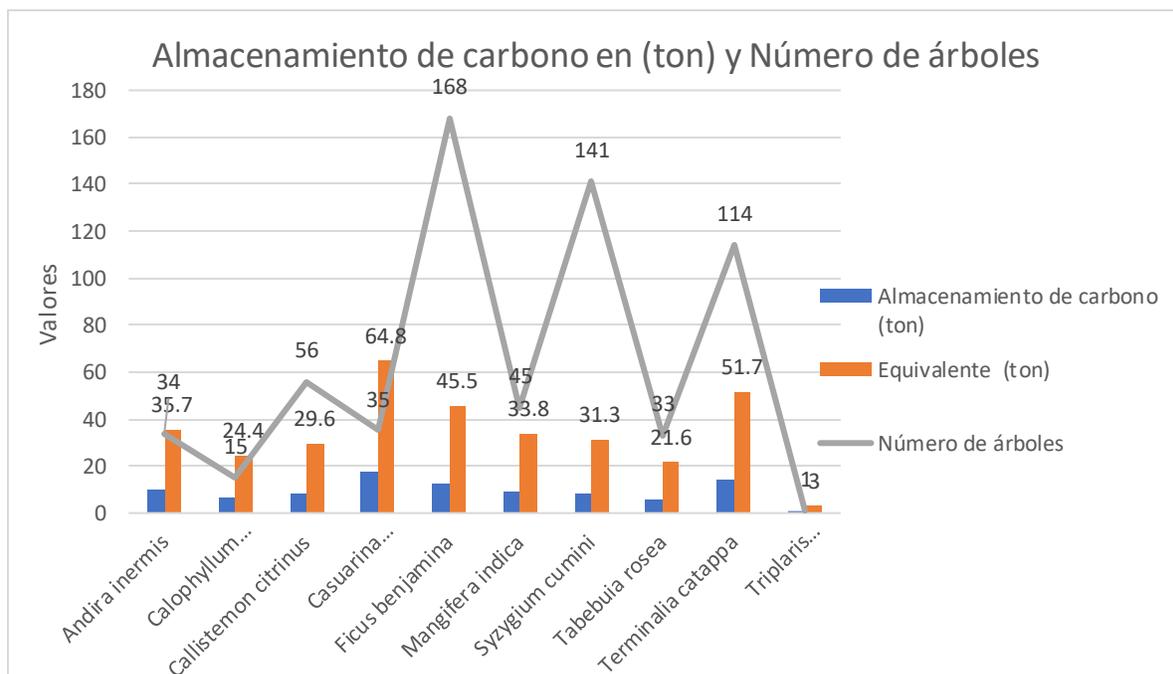


Gráfico 7. Principales especies almacenadoras de carbono en toneladas y número de individuos.

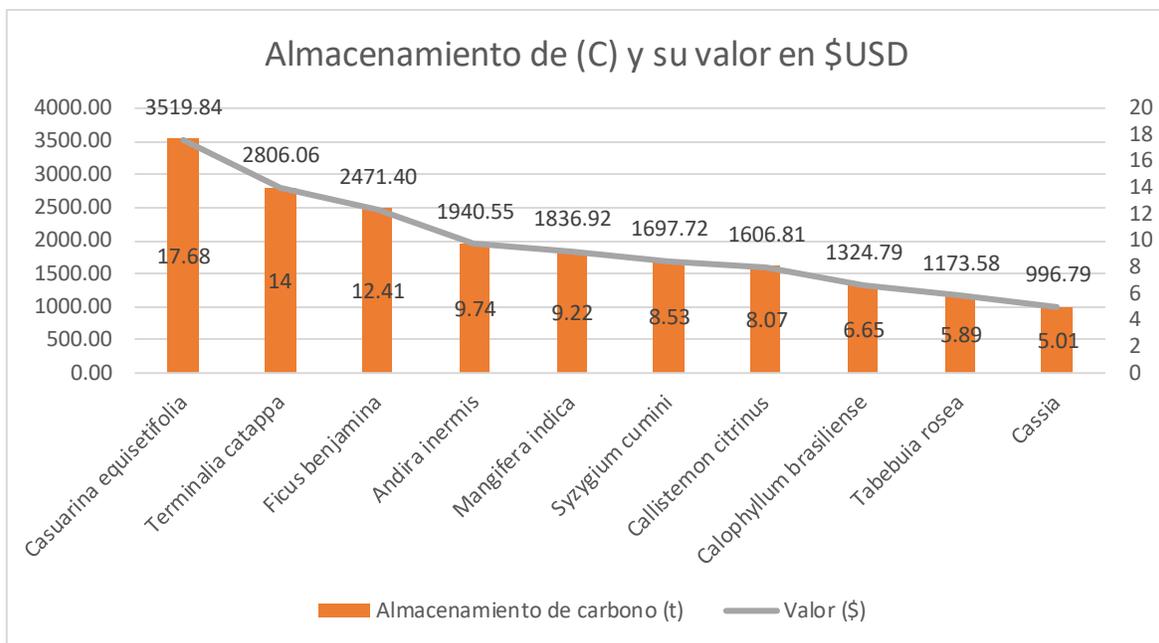


Gráfico 8. Carbono almacenado por las principales especies y su valor en dólares.

En el gráfico podemos observar que especie que más valor económico posee en cuanto al almacenamiento de C es *Casuarina equisetifolia* con \$3,519.84, en segundo lugar *Terminalia catappa* con \$2,806.06 y en tercer puesto se encuentra *Ficus benjamina* con \$2,471.4.

8.5.4. Producción de oxígeno

En el cuadro 7 se presentan las principales especies productoras de oxígeno así como el número de individuos registrados de cada una en la zona de estudio.

Cuadro 7. Principales especies productoras de oxígeno.

Especies	Producción de oxígeno (kg/año)	Número de árboles
<i>Andira inermis</i>	2661	34
<i>Callistemon citrinus</i>	1341.2	56
<i>Cassia siamea</i>	1270.6	11
<i>Casuarina equisetifolia</i>	4151.7	35
<i>Ficus benjamina</i>	4513.4	168
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	1093.9	30

<i>Mangifera indica</i>	2080.1	45
<i>Syzygium cumini</i>	3432.3	141
<i>Tabebuia rosea</i>	1483.9	33
<i>Terminalia catappa</i>	6423.1	114

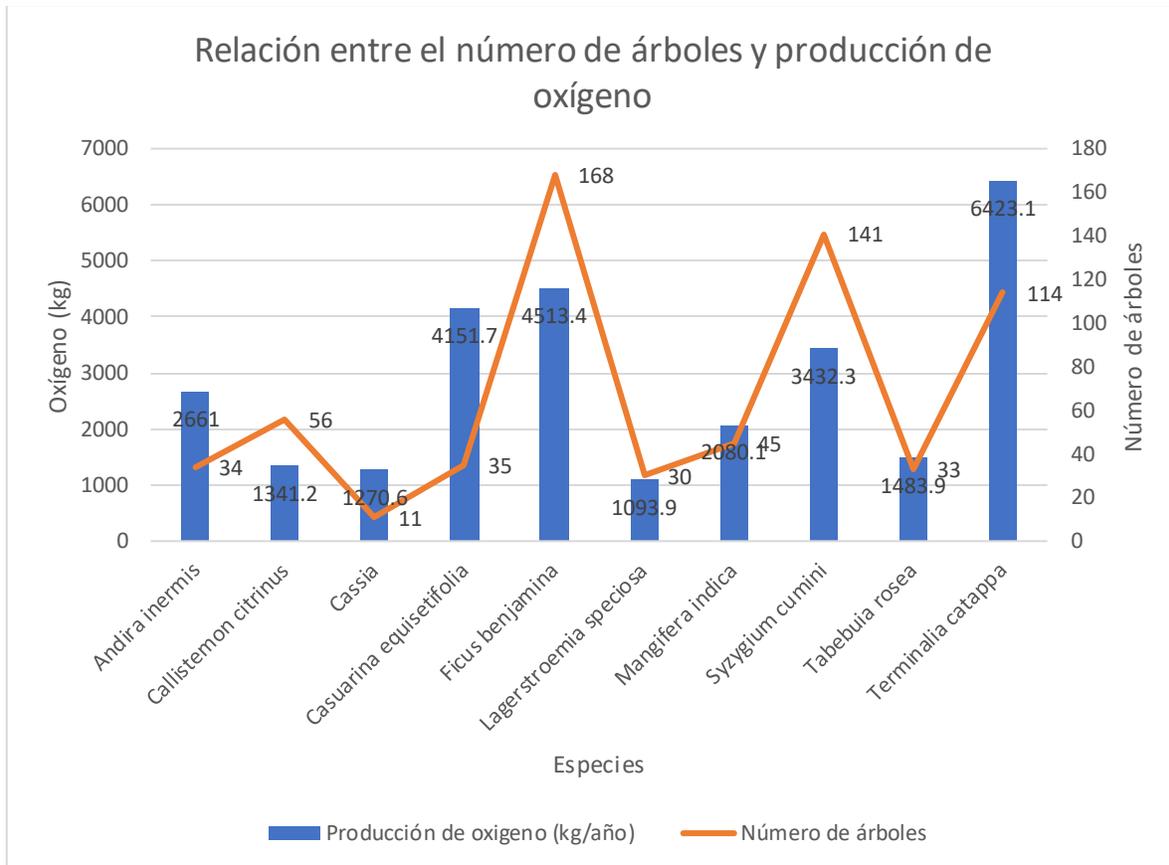


Gráfico 9. Relación entre el número de árboles y producción de oxígeno

De acuerdo con el gráfico *Terminalia catappa* es la especie mayor productora de oxígeno con 6423,1 kg/año con 114 individuos, por otro lado *Ficus benjamina* y *Syzygium cumini* poseen la mayor cantidad de árboles 168 y 141 respectivamente siendo su producción de oxígeno 4,513.4 y 3,432.3 kg/año menor a *Terminalia catappa*; por otro lado *Cassia siamea* es la especie que produce más oxígeno 1,270.6 con relación a su total de individuos que son 11, otro buen productor de oxígeno es *Casuarina equisetifolia* que produce 4,151.7 kg/año casi lo mismo que *Ficus bejamina* 4,513.5 kg/año con 35 individuos menos de la mitad.

8.5.5 Producción de oxígeno por calle/avenida

En el cuadro 8 se presentan los diferentes valores de las cantidades de oxígeno generadas y número de árboles por calle o avenida en la zona de estudio.

Cuadro 8. Cantidad de oxígeno producido por año y por calle/avenida

Calle/AV	Oxígeno (t/año)	Número de árboles
avenida Libertad	4.8	119
avenida Los Lirios	2.3	56
avenida Washintong	4.2	121
calle las Orquideas	1.1	23
calle Las Rosas	1	17
calle Las Violetas	1.5	56
calle Los Cedros	0.7	22
calle Los Lirios	2.1	57
calle Los Pinos	0.5	26
Parque Dr Carlos Antonio Herrera	0.8	13
35 avenida Norte	2.5	91
pasaje Jazmín	0.5	16
Parque Sara Palma de Jule	1.4	24
pasaje Los Pinos	0.9	21
pasaje Maya	0.7	38
San Luis block 1 y 2	1.8	63
San Luis block 3 y 4	0.7	23
37 avenida Norte	2.5	64
39 avenida Norte	3.4	118
avenida Central	2.2	61
avenida Flor de Fuego	0.9	30
avenida Izalco	2.3	80
calle Las Palmas	0.6	9
avenida Los Cedros	1.4	25

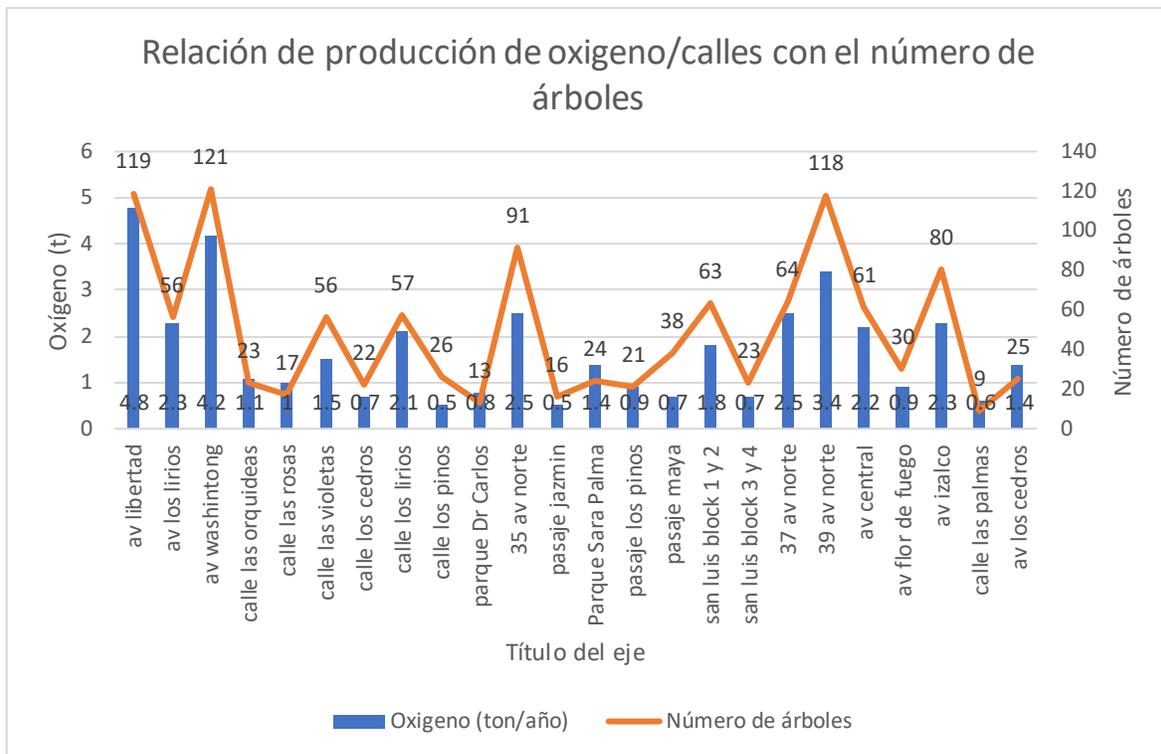


Gráfico 10. Relación de producción de oxígeno/calles con el número de árboles

Se puede apreciar en la gráfica que en la av. Libertad se produce la mayor cantidad de oxígeno 4.8 t/año donde se encuentran 119 árboles, por otro lado la av. Washington y 39 av. Norte genera una cantidad menor de oxígeno que av. Libertad, 4.2 y 3.4 t/año y su cantidad de árboles en la primera es mayor 121 y en la segunda varía en un árbol 118; también se observa que en la 35 av. Norte y en av. Izalco se encuentran bastantes árboles pero la cantidad generada de oxígeno no va de acuerdo a la proporción de individuos presentes.

8.5.6 Escurrimiento evitado

El escurrimiento superficial es el agua que se mueve por la superficie del terreno hacia los cauces de drenaje durante y después de ocurrida la lluvia. Este escurrimiento marca el exceso de la capacidad de infiltración del suelo, el escurrimiento superficial evitado anual se calcula con base en las precipitaciones interceptadas por la vegetación, en particular la diferencia entre el escurrimiento anual con y sin vegetación. Aunque las hojas de los árboles, las ramas y la corteza pueden interceptar la lluvia y mitigar así el escurrimiento evitado, sólo se toman en cuenta las precipitaciones interceptadas por las hojas (Murillo, 2010).

En cuadro 9 y grafico 11 se muestran las principales especies que más contribuyen a evitar el escurrimiento superficial debido a la precipitación.

Cuadro 9. Principales especies que evitan el escurrimiento.

Especies	Árboles	(m ³ /año)	Valor/especie \$USD
<i>Ficus benjamina</i>	168	1.73	4.20066
<i>Mangifera indica</i>	45	1.56	3.78432
<i>Syzygium cumini</i>	141	1.39	3.3804
<i>Terminalia catappa</i>	114	1.29	3.11904
<i>Andira inermis</i>	34	1.09	2.6433
<i>Tabebuia rosea</i>	33	0.88	2.12328
<i>Callistemon citrinus</i>	56	0.61	1.47204
<i>Casuarina equisetifolia</i>	35	0.61	1.4742
<i>Pinus</i>	13	0.44	1.06056
<i>Calophyllum brasiliense</i>	15	0.42	1.02006

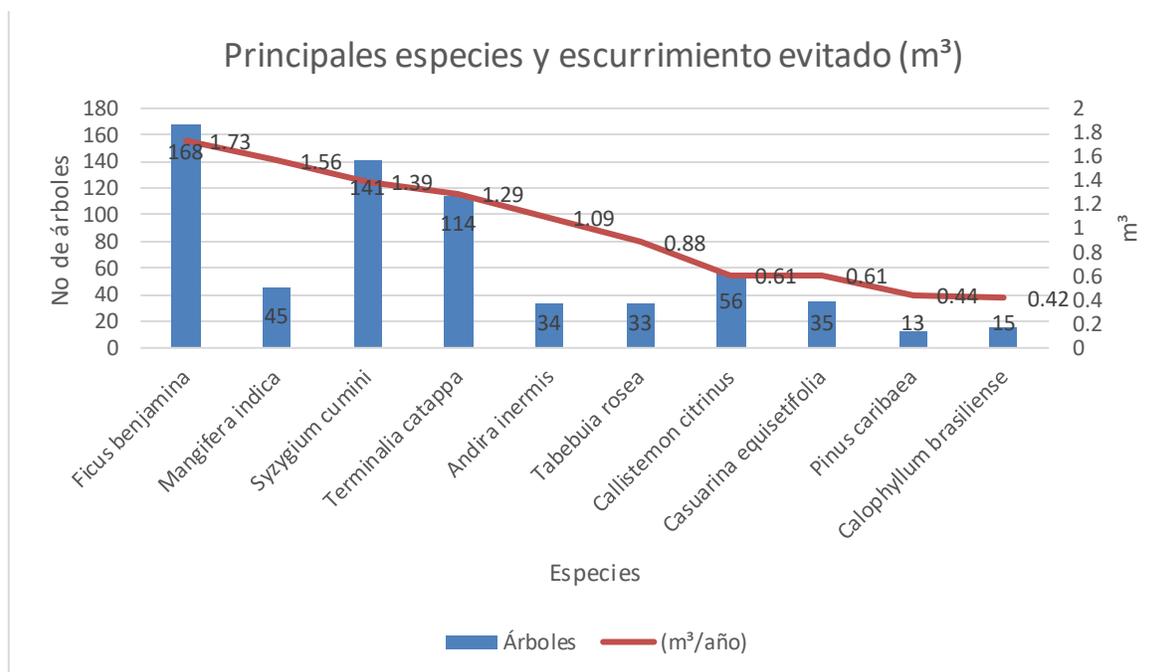


Gráfico 11. Principales especies y escurrimiento evitado en m³.

De acuerdo con el grafico 11 se observa que *Ficus benjamina* es la especie que más escurrimiento evita (1.73 m³) debido a que posee la mayor cantidad de individuos 168, en segundo lugar se encuentra *Mangifera indica* con 1.56 m³ y posee 45 árboles esto nos indica que al ser una especie de mayor tamaño y mayor ancho de copa posee la capacidad de interceptar más cantidad de agua lo que favorece la infiltración y evitar el

escurrimiento, en tercer puesto se encuentra *Syzygium cumini* esta especie al igual que *Ficus benjamina* evito una gran cantidad de escurrimiento 1.39 m³ debido a la gran cantidad de árboles que posee.

Es importante recalcar que el cálculo del escurrimiento evitado se basa en las características de la copa, por lo tanto, los resultados presentados por algunas especies podrían variar según el momento o la época del año en que se tomen los datos, debido a las modificaciones que pueden sufrir en morfología y desarrollo de la copa.

8.6 Valores estructurales y funcionales

El valor estructural (de sustitución) del bosque urbano tiende a subir cuando aumenta el número y tamaño de los árboles saludables. Los valores funcionales anuales también tienden a aumentar con un mayor número y tamaño de árboles saludables. A través de un manejo adecuado, los valores del bosque urbano pueden aumentarse; sin embargo, los valores y los beneficios también pueden disminuir conforme la cantidad de cobertura de árboles saludables se reduce (Nowak et al 2002).

El valor de sustitución de un bosque urbano puede variar en cuanto a las características que presenta el arbolado, debido a que este valor tiende a subir según el tamaño, estado de salud y cantidad. Debido a esto, es importante conocer las especies que se encuentran, ya que los beneficios que ofrecen otras especies de árboles pueden disminuir o aumentar, dependiendo de las especies seleccionadas para sustituirlos. (Aguilar, 2022).

En el siguiente gráfico se muestran los valores de sustitución de los árboles en Complejo Urbanización Universitaria-Reparto Santa Fe- Comunidad San José Obrero, en total hacen un valor de \$ 1,789,065 dólares, que es el costo de tener que reemplazarlos por otros similares.

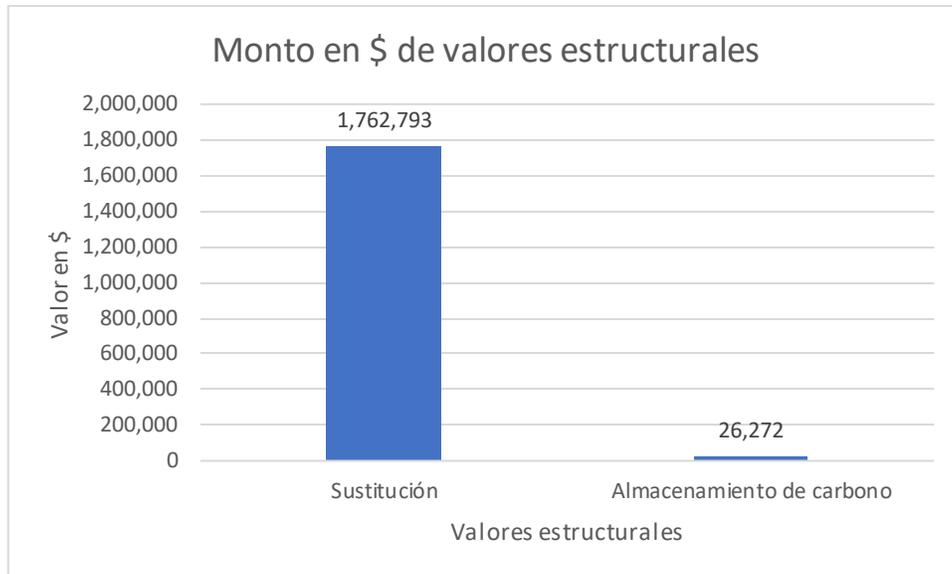


Gráfico 12. Valores de sustitución (estructurales) de los árboles del complejo Urbanización Universitaria-Reparto Santa Fe- Comunidad San José Obrero.

En el gráfico se puede observar los valores anuales asociados a funciones del arbolado de la zona de estudio, en donde se encuentra el secuestro de carbono con un valor de \$3,026 dólares/año, el escurrimiento con un valor de \$34.55 dólares/año y la eliminación de los contaminantes con un valor de \$1,395.18 dólares/año; esto nos muestra el valor monetario de las funciones que desempeña el arbolado en cuanto al secuestro de carbono y remoción de contaminantes producto de la actividad humana.

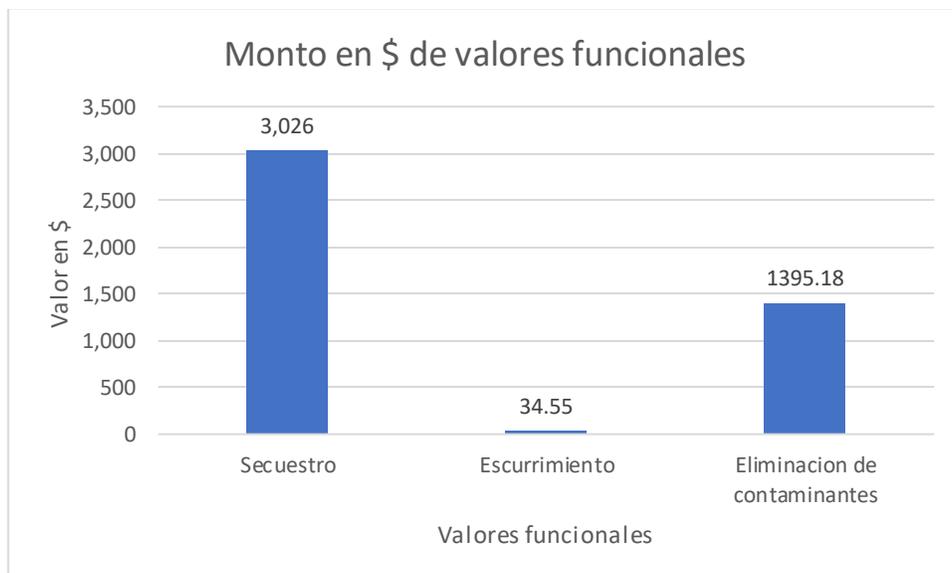


Gráfico 13. Monto en dólares de valores funcionales

Como se aprecia en el gráfico la especie que más valor de sustitución debido a los servicios ecosistémicos que aporta a la sociedad es *Ficus benjamina* y la sustitución de 168 árboles equivale a \$351,433.2 dólares, seguido de *Syzygium cumini* que tiene posee 141 árboles y sustituirlos por otros equivaldría a \$167,360.1 dólares, y en tercer lugar se encuentra *Terminalia catappa* con 114 árboles y sustituirla equivale a \$151,985.8 dólares.

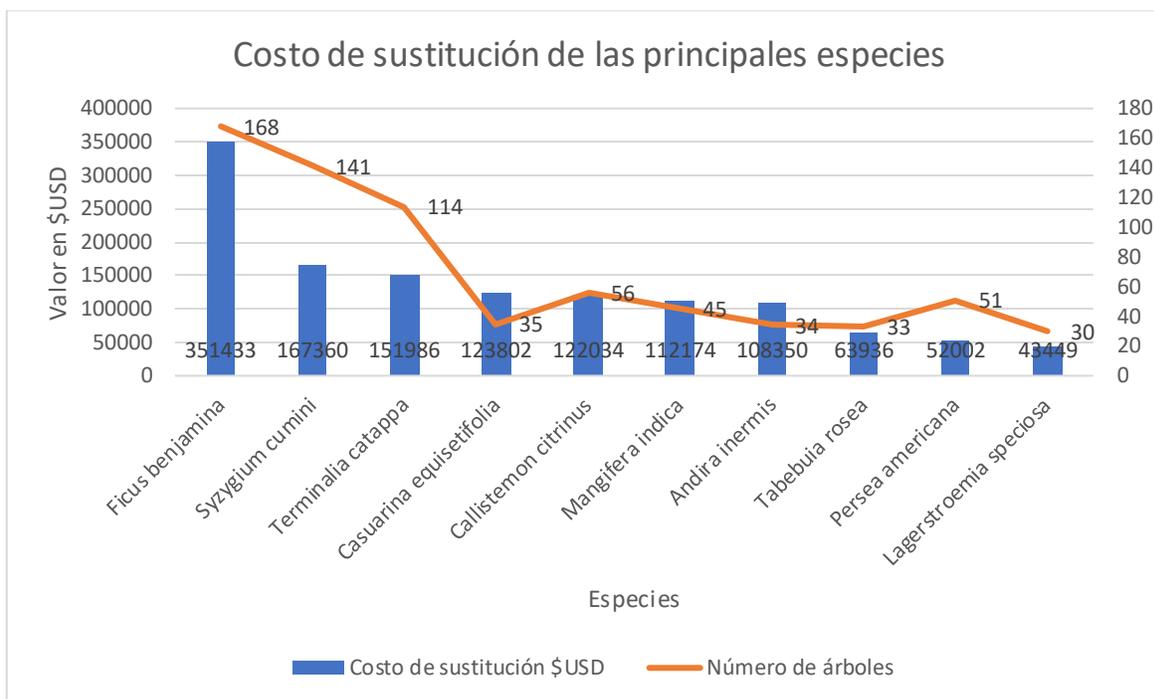


Gráfico 14. Costo de sustitución de las principales especies

8.7 Fauna asociada al arbolado en el área de estudio

Muchas de las especies de flora que se encuentran en la zona en estudio, proporcionan beneficios para especies de fauna que se pueden encontrar asociadas en diferentes épocas del año y etapas fenológicas de la planta.

Por ejemplo, *Ficus benjamina* alberga diversas especies de fauna durante la época de producción de frutos, especialmente aves. También especies como *Calophyllum brasiliense*, *Syzygium cumini*, *Terminalia catappa*, atraen diferentes especies de fauna durante la producción de frutos.

Por otro lado, existen muchas especies que atraen diversas especies de aves durante su floración. Entre estas están *Tabebuia rosea*, *Handroanthus chrysanthus*, *Tecoma stans*, entre otras

A continuación, se presenta un listado de especies de fauna avistadas durante la toma de datos (Quiteño, 2017) asociadas a algunas de las especies de árboles y arbustos encontrados en la zona de estudio (Figura A-10-21).

Cuadro 10. Especies de fauna asociadas a árboles y arbustos en la zona de estudio

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Momotus coeruleiceps</i>	Talapo
<i>Eumomota superciliosa</i>	Torogoz
<i>Turdus grayi</i>	Chonte
<i>Saltator coerulescens</i>	Dichosofuí
<i>Icterus pustulatus</i>	Chiltota
<i>Icterus spurius</i>	Chiltota
<i>Icterus gularis</i>	Chiltota
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Pájaro carpintero
<i>Myiozetetes similis</i>	Chío
<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo
<i>Setophaga virens</i>	Chipe
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada
<i>Columbina talpicoti</i>	Tortolita rojiza
<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canela
<i>Eugenes fulgen</i>	Colibrí magnífico
<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Clarinero
<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico catalnica
<i>Amazona autumnnalis</i>	Lora
<i>Eupsitulla canicularis</i>	Chocoyo
<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucancillo
<i>Tyto alba</i>	Lechuza
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Guacalchía
<i>Ciccaba virgata</i>	Pájaro león
<i>Thraupus episcopus</i>	Azulejo
<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla común
<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago

9. Conclusiones

- ✓ No existen criterios técnicos para la selección, establecimiento y manejo de la mayoría de las especies arbóreas en las ciudades y específicamente en el área de estudio.
- ✓ La falta de conocimiento de la población para la selección de las especies a plantar en sus arriates genera diferentes problemas cuando éstas crecen sin un manejo adecuado.
- ✓ Los principales problemas que generan los árboles en el área de estudio son daños a las aceras – zanja de desagüe (cuneta), interferencia con el tendido eléctrico y riesgos de ser derribados por el viento.
- ✓ Entre las especies encontradas que representan problemas en aceras – zanjas de desagüe (cuneta) están *Casuarina equisetifolia*, *Syzygium cumini*, *Tabebuia rosea*, *Persea americana*.
- ✓ Entre las especies encontradas que presentan interferencia con el tendido eléctrico están *Terminalia catappa*, *Syzygium cumini*, *Ficus benjamina*, *Callistemon citrinus*, *Casuarina equisetifolia*.
- ✓ La mayoría de las especies de árboles y arbustos que se encontraron en el área de estudio, no aparecen en el listado de especies propuestas por COAMSS y OPAMSS para ser plantadas en estos sitios.
- ✓ Los resultados de esta investigación pueden ser utilizados para ampliar el menú de especies propuestas en el catálogo elaborado por COAMSS y OPAMSS, y que puede servir de guía para diferentes instituciones, comunidades y personas que se dedican a la arboricultura urbana.
- ✓ Aproximadamente el 55% de los árboles de la zona de estudio, se encuentran en las tres clases diamétricas más bajas, de 7.6 hasta 30.5 cm de diámetro a la altura del pecho, lo que significa que la mayoría de los individuos son delgados, debido a que las personas siembran arboles todos los años.

- ✓ El ozono es el contaminante que más eliminan los árboles y las especies que más eliminan son *Ficus benjamina*, *Mangifera indica*, *Syzygium cumini* y *Terminalia catappa*.
- ✓ Las especies que más almacenan carbono son *Casuarina equisetifolia*, *Terminalia catappa* y *Ficus benjamina*.
- ✓ Las especies que más secuestran carbono son *Terminalia catappa*, *Ficus benjamina*, *Casuarina equisetifolia* y *Syzygium cumini*.
- ✓ Las avenidas que más oxígeno producen al año debido a su mayor número de individuos son, avenida Libertad, avenida Washinton y 39 avenida Norte.
- ✓ Las especies que más aportan en la producción de oxígeno son *Terminalia catappa*, *Ficus benjamina*, *Casuarina equisetifolia* y *Syzygium cumini*.
- ✓ Las especies que más contribuyen a evitar el escurrimiento superficial son *Ficus benjamina*, *Mangifera indica*, *Syzygium cumini* y *Terminalia catappa*.
- ✓ El arbolado de la zona de estudio Complejo Urbanización Universitaria-Reperto Santa Fe- Comunidad San José Obrero, en total hacen un valor de \$ 1,789,065 dólares, que es el costo de tener que reemplazarlos por otros similares.

10. Recomendaciones

- ✓ Utilizar los resultados de esta investigación para ampliar el listado de especies propuestas en el catálogo elaborado por COAMSS/OPAMSS.
- ✓ Se recomienda a las municipalidades que integran el COAMSS y al resto de municipalidades del país, utilizar el catálogo elaborado por COAMSS/OPAMSS, para la gestión del arbolado urbano.
- ✓ Ejecutar obras de mantenimiento de los árboles registrados que están causando problemas con aceras y tendido eléctrico, para reducir el riesgo para la población.
- ✓ Realizar campañas de divulgación de información para la población sobre como brindar los cuidados a las especies que poseen fuera de sus casas.
- ✓ Continuar estableciendo alianzas público – privadas y con la academia para continuar con la elaboración del inventario del bosque urbano y sus beneficios, y socializar los resultados con la población.

11. Bibliografía

- Aguilar, K; Cruz, M; Salmerón, N. 2022. Caracterización, servicios ecosistémicos del arbolado y lineamientos generales para la arborización en aceras de la ciudad de San Salvador, El Salvador. En línea. Consultado el 28 de febrero 2023. Disponible en <http://www.agronomia.ues.edu.sv>
- Arroyave, C; Posada, M; Nowak, D; Hoehn, R. 2019. Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. En línea. Consultado el 16 de febrero 2023. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392019000100005
- Calvin, N y Kreye M. 2022. Como los bosques almacenan el carbono. En línea. Consultado el 28 de febrero 2023. Disponible en <https://extension.psu.edu/como-los-bosques-almacenan-el-carbono>
- COAMSS/OPAMSS (Consejo de alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador). 2020. Catálogo para la selección de especies arbóreas y vegetativas. 89 p.
- Garret, C. 2022. ¿Cuánto CO2 absorbe un árbol? En línea. Consultado el 27 de febrero 2023. Disponible en <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2-arbol#:~:text=Las%20plantas%2C%20y%20en%20concreto,as%C3%AD%20%20sumideros%20de%20carbono%22>.
- Henríquez, L. y Blanco Márquez, V. A. 2001. Evaluación de especies arbóreas y arbustivas utilizadas como ornamentales en el área urbana del Municipio de San Salvador. Tesis Lic. en Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, 2001. 112 p.
- Instituto de Acceso a la Información Pública. 2017. Reseña histórica Institucional de la Oficina de Planificación de Área Metropolitana de San Salvador. En línea. Consultado el 17 de febrero 2023. Disponible en <https://www.transparencia.gob.sv/>
- Martins, A. 2017. El sorprendente valor de los árboles para combatir la contaminación en el aire de las ciudades. En línea. Consultado el 16 de febrero 2023. Disponible en <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39195220>

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Dwyer, J.F. 2002a. Compensatory value of urban trees in the United States. *Journal of Arboriculture*. 28(4): 194 - 199.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2005. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. En línea. Consultado 5 marzo 2023. Disponible en <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

Quiteño, H; Ábrego, J; Bonilla, M. 2017. Aves de El Salvador. En línea. Consultado el 1 de marzo 2023. Disponible en <https://www.yumpu.com/es/document/read/64608137/aves-de-el-salvador>

Rodríguez, N; McLaughlin, M; Pennock, D. 2019. La contaminación del suelo: una realidad oculta. En línea. Consultado el 17 de febrero 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>

12. Anexos



Figura A-1. recorrido general por la zona de estudio con autoridades de la OPAMSS



Figura A-2. Charla con actores locales para gestionar permisos de entrada a las colonias.



Figura A-4. Georreferenciación de cada árbol con GPS.



Figura A-5. Toma de diámetro a la altura de pecho (DAP).



Figura A-6. Toma de altura total con hipsómetro laser.



Figura A-7. medición del ancho de la copa de norte-sur y este-oeste con cinta métrica

Fecha de muestreo	N° árbol	Parcela	Código parcela	Código Árbol	Estatus	DIST	DIR	Especie nombre común	Nombre científico	Código de Especie	Nombre científico i-Tree	Familia	Uso Suelo	Altura DAP	DAP 1	DAP 2	DAP 3	DAP 4	DAP 5	DAP 6	% Muerte Regresiva	
30/8/2022	1				P			Almendo de playa					Calle	1.30	20.30						0	
30/8/2022	2				P			Almendo de playa					Calle	1.30	33.90							0
30/8/2022	3				P			Eucalipto					Calle	1.30	41.80							0
30/8/2022	4				P			Almendo de río					Calle	1.00	9.30							0
30/8/2022	5				P			Cerezo de belice					Calle	1.30	37.40							0
30/8/2022	6				P			Arrayán					Calle	1.30	9.70	8.10						0
30/8/2022	7				P			Llama de bosque					Calle	1.30	42.10							10
30/8/2022	8				P			Maquilishuat					Calle	1.30	27.80							0
30/8/2022	9				P			Mango					Calle	1.30	32.10							0
30/8/2022	10				P			Llama de bosque					Calle	1.30	23.50							0
30/8/2022	11				P			San Andres					Calle	1.30	46.50							0
30/8/2022	12				P			Aceituno					Calle	1.30	11.50							0
30/8/2022	13				P			Palmera miami?					Calle	1.30	6.60	6.40	5.60	6.50				0
30/8/2022	14				P			Flor amarilla					Calle	1.30	61.80							0
30/8/2022	15				P			Cerezo de belice					Calle	1.12	21.40							0
30/8/2022	16				P			Arrayán					Calle	1.35	18.90							0
30/8/2022	17				P			Almendo de playa					Calle	1.30	14.50	5.40	15.10					0
30/8/2022	18				P			Almendo de playa					Calle	1.30	14.00	15.20	14.20					0
30/8/2022	19				P			Laurel					Calle	1.30	9.30	16.20	16.50	7.80				0
30/8/2022	20				P			Manzana rosa					Calle	1.30	10.50	8.20	7.40					0
30/8/2022	21				P			Manzana rosa					Calle	1.30	19.60	14.40						0
30/8/2022	22				P			San Andres					Calle	1.30	27.80							0
30/8/2022	23				P			San Andres					Calle	1.30	16.70	15.30						0

Figura A-8. Base de datos en Excel.

[Proyecto: Comp Urbn Univ-Reparto Santa fe com sanj obrero] [Series: 1] [Año: 2022] - i-Tree Eco v6.0.31

Archivo Configuración del proyecto Datos Vista Reportes Pronóstico Soporte

Enviar a móvil Recuperar del móvil Formulario impreso Importar Árboles Revisar datos Precios de los beneficios Gastos anuales DBH Crown Health CSV KML Modo de edición: Apagado

Recopilación de datos Datos de inventario Valor de inventario Report Classes Exportar

Ayuda

Datos > Datos de inventario > Árboles

ID	Estratos	Brigada	Fecha de monitoreo	Especies	Uso de la tierra	Foto ID	DAP 1 (cm)	DAP 1: Altura (m)	DAP 1: ¿Medido?	DAP 2 (cm)	DAP 2: Altura (m)
1	av libertad			Indian Almond (Terminalia catappa)	Residencial		20.3	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	av libertad			Indian Almond (Terminalia catappa)	Residencial		33.9	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	av libertad			Gum spp (Eucalyptus)	Residencial		41.8	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	av libertad			Cabbagebark tree (Andira inemisi)	Residencial		9.3	1.00	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	av libertad			Jambolan plum (Syzygium cumini)	Residencial		37.4	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	av libertad			Guayaba agria (Psidium friedrichsthalianum)	Residencial		9.7	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	8.1	
7	av libertad			Galeana (Spathodea campanulata)	Residencial		42.1	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	av libertad			Rosa morada (Tabebuia rosea)	Residencial		27.8	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	av libertad			Mango (Mangifera indica)	Residencial		32.1	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	av libertad			Galeana (Spathodea campanulata)	Residencial		23.5	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	av libertad			Retama (Tecoma stans)	Residencial		46.5	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	av libertad			Paradise tree (Simarouba glauca)	Residencial		11.5	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	av libertad			Manila (Adonia memilli)	Residencial		6.6	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	6.4	
14	av libertad			Cassia spp (Cassia)	Residencial		61.8	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	av libertad			Jambolan plum (Syzygium cumini)	Residencial		21.4	1.12	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	av libertad			Guayaba agria (Psidium friedrichsthalianum)	Residencial		18.9	1.35	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	av libertad			Indian Almond (Terminalia catappa)	Residencial		14.5	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	5.4	
18	av libertad			Indian Almond (Terminalia catappa)	Residencial		14.0	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	15.2	
19	av libertad			Laurel lloron (Ficus benjamina)	Residencial		9.3	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	16.2	
20	av libertad			Malabar plum (Syzygium jambos)	Residencial		10.5	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	8.2	
21	av libertad			Malabar plum (Syzygium jambos)	Residencial		19.6	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	14.4	
22	av libertad			Retama (Tecoma stans)	Residencial		27.8	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	av libertad			Retama (Tecoma stans)	Residencial		16.7	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>	15.3	

Figura A-9. Verificación de datos en i-Tree.



Figura A-10. *Sciurus variegatoides* y *Myiozetetes similis*.

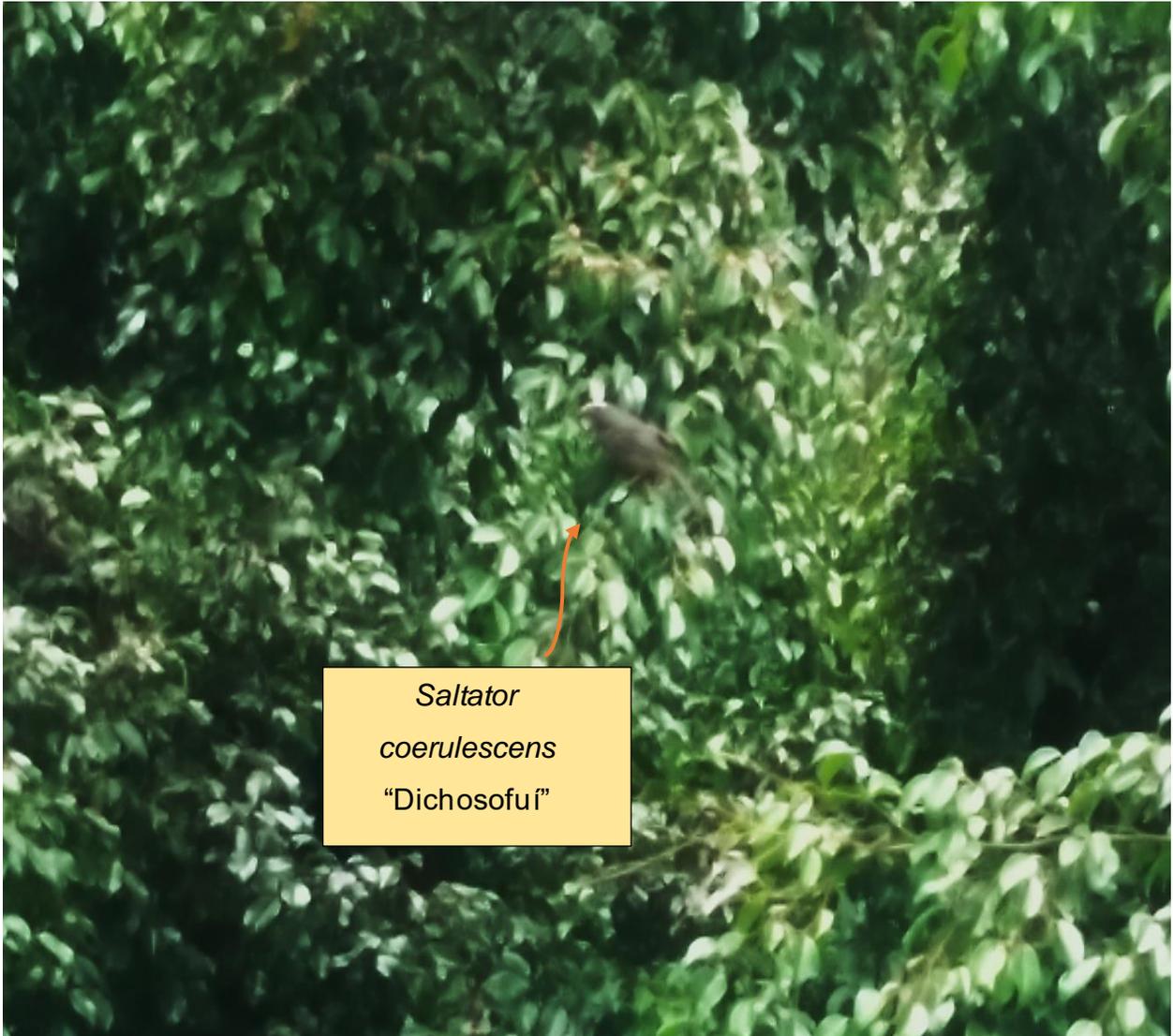


Figura A-11. *Saltator coerulescens*.



Figura A-12. *Eumomota superciliosa*.

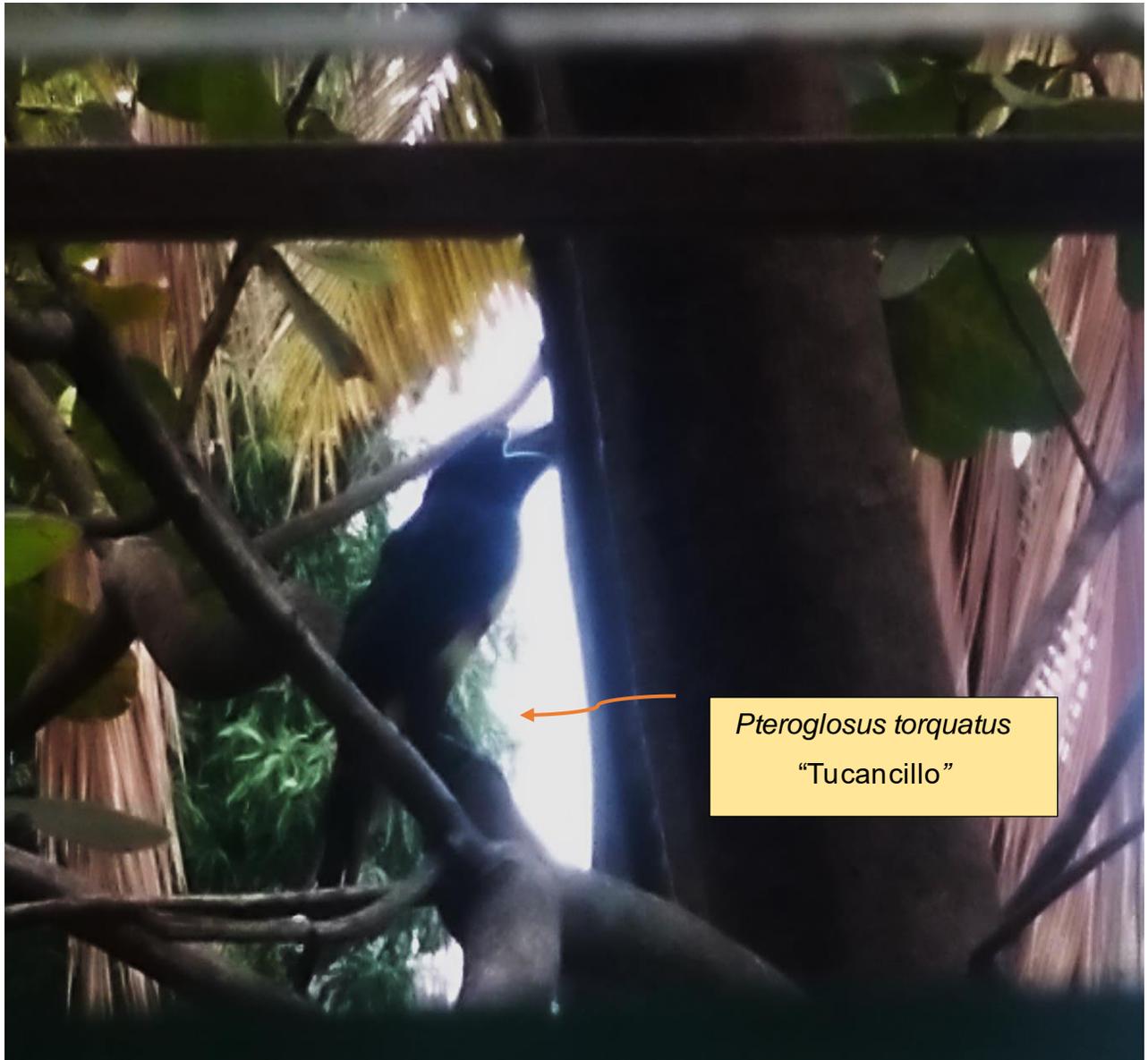


Figura A-13. *Pteroglossus torquatus*.



Figura A-14. *Sciurus variegatoides*.



Figura A-15. *Brotoogeris jugularis*.



Figura A-16. *Zenaida asiática*.

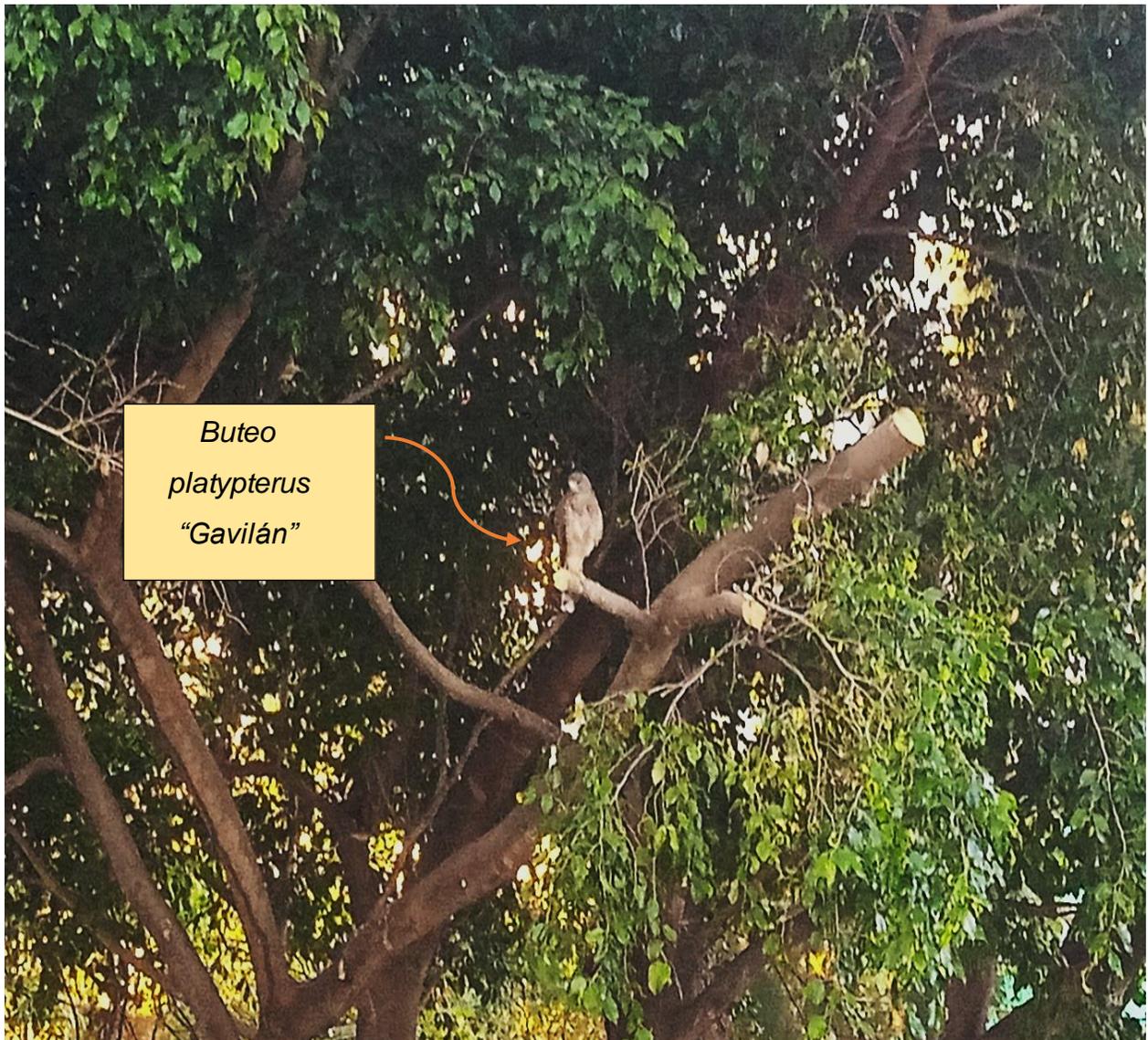


Figura A-17. *Buteo platypterus*.



Figura A-18. *Tyto alba*.



Figura A-19. *Icterus gularis*.



Figura A-20. *Setophaga petechia*



Figura A-21. *Turdus grayi*.







Arbolado del complejo:
Urbanización
Universitaria- Reparto
Santa Fé-Comunidad San
José Obrero, San
Salvador

Leyenda

- Árboles
- Área de estudio

Elaborado por:

Willy Eduardo Castaneda
Aparicio

Figura A-22. Mapa del arbolado del complejo Urbanización Universitaria- Reparto Santa Fé- Comunidad San José Obrero, San Salvador.








**Mapa de árboles en
conflicto con
arriates de aceras**

Leyenda

Conflicto con aceras ●

Área de estudio □

Elaborado por:

Willy Eduardo Castaneda
Aparicio

Figura A-23. Mapa de árboles en conflicto con los arriates de aceras.








Mapa de árboles en
conflicto con
tendido eléctrico/
telefonía

Leyenda

Conflicto con tendido eléctrico ●

Área de estudio

Elaborado por:

Willy Eduardo Castaneda
Aparicio

Figura A-24. Mapa de árboles en conflicto con tendido eléctrico/telefonía.