

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Pasantía Profesional:

“Inventario de especies arbóreas y determinación de servicios ecosistémicos en el Polígono Centro Urbano Libertad, San Salvador”

Por:

Diana Iris Gómez Sánchez

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Pasantía Profesional:

“Inventario de especies arbóreas y determinación de servicios ecosistémicos en el Polígono Centro Urbano Libertad, San Salvador”

Por:
Diana Iris Gómez Sánchez

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



Pasantía Profesional:

“Inventario de especies arbóreas y determinación de servicios ecosistémicos en el Polígono Centro Urbano Libertad, San Salvador”

Por:
Diana Iris Gómez Sánchez

Requisito para optar al título de:
Ingeniero Agrónomo

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

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector:

Lic. MSc. Roger Armando Arias Alvarado

Secretario general:

MSc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

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

Ing. Agr. MSc. José Mauricio Tejada Asensio

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 |
| 5.2. Recursos | 3 |
| 5.2.1. Naturales | 3 |
| 5.2.2. Instalaciones y equipos | 3 |
| 5.2.3. Humanos | 3 |
| 5.3. Actividades actuales | 4 |
| 5.3.1. Producción principal y otras | 4 |
| 5.3.2. Situación técnica | 4 |
| 5.3.3. Situación administrativa | 4 |
| 6. Análisis de la problemática en sector | 4 |
| 7. Metodología | 5 |
| 7.1. Descripción general del área | 5 |
| 7.2. Fase de campo | 6 |
| 7.2.1. Instrumentos y equipos utilizados | 7 |
| 7.2.2. Recopilación de datos en campo | 8 |
| 7.3. Fase de procesamiento de información | 9 |
| 7.4. Fase de análisis de los datos y elaboración de informe | 9 |
| 8. Resultados y discusión | 10 |
| 8.1. Composición florística | 10 |
| 8.1.1. Comportamiento de especies arbóreas, palmeras y arbustivas | 12 |
| 8.2. Estructura del bosque urbano | 12 |
| 8.3. Conflictos con aceras y tendido eléctrico | 14 |
| 8.4. Eliminación de la contaminación | 17 |
| 8.4.1. Eliminación de contaminantes por especie | 19 |
| 8.5. Secuestro y almacenamiento de carbono | 20 |
| 8.6. Producción de oxígeno | 22 |

| | |
|--|----|
| 8.7. Esguurrimiento evitado | 25 |
| 8.7.1. Esguurrimiento evitado por especie y valor asociado | 27 |
| 8.8. Valores estructurales (de sustitución) y funcionales..... | 28 |
| 8.9. Fauna del Sector Centro Urbano Libertad | 30 |
| 9. Conclusiones | 40 |
| 10. Recomendaciones | 42 |
| 11. Bibliografía | 43 |
| 12. Anexos..... | 46 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Composición florística encontrada en el Sector Centro Urbano Libertad (CUL). | 10 |
| Cuadro 2. Especies que presentan conflicto con el tendido eléctrico. | 15 |
| Cuadro 3. Especies que presentan conflicto con las aceras. | 16 |
| Cuadro 4. Esguurrimiento evitado y valor asociado por estrato..... | 25 |
| Cuadro 5. Fauna encontrada en el Sector Centro Urbano Libertad..... | 31 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación del Polígono Centro Urbano Libertad (área de estudio)..... | 5 |
| Figura 2. Reunión con la asesora externa (OPAMSS). | 6 |
| Figura 3. Recorrido por las instalaciones de ANDA (izquierda) y Ricaldone (derecha)..... | 6 |
| Figura 4. Recorrido por la colonia Libertad con la presidenta de la colonia..... | 7 |
| Figura 5. Equipo utilizado para el levantamiento de datos en campo (cinta métrica, GPS, hipsómetro láser y cinta diamétrica)..... | 7 |
| Figura 6. Número de árboles/ha por estrato en Centro Urbano Libertad. | 13 |
| Figura 7. Distribución de la población de árboles por clase diamétrica. | 13 |
| Figura 8. Árboles que presentan conflicto con aceras y tendido eléctrico por estrato..... | 14 |
| Figura 9. Porcentaje de árboles que presentan conflicto con aceras y tendido eléctrico.. | 17 |
| Figura 10. Contaminantes eliminados por año y su equivalente en dólares. | 18 |
| Figura 11. Eliminación de contaminación en kilogramos por año según especie. | 19 |
| Figura 12. Eliminación de la contaminación en dólares por año según especie. | 20 |
| Figura 13. Secuestro de carbono y su valor asociado de las principales especies..... | 21 |
| Figura 14. Almacenamiento de carbono y su valor asociado de las principales especies. | 22 |

| | |
|---|----|
| Figura 15. Relación entre el número de árboles y producción de oxígeno por especie. | 23 |
| Figura 16. Relación entre producción de oxígeno y el número de árboles por estrato. | 24 |
| Figura 17. Relación entre el escurrimiento evitado y el número de árboles por estratos. . | 26 |
| Figura 18. Área foliar de los árboles registrados, por estrato. | 27 |
| Figura 19. Escurrimiento evitado y valor asociado por especie. | 27 |
| Figura 20. Valores de sustitución (estructurales) de los árboles del Centro Urbano Libertad. | 29 |
| Figura 21. Valores funcionales de los árboles presentes en la zona de estudio. | 29 |
| Figura 22. Especies con los más altos valores de sustitución del área de estudio. | 30 |

Índice de anexos

| | |
|---|----|
| Figura A-1. Formulario de I-Tree Eco® para el levantamiento de datos en campo. | 46 |
| Figura A-2. Toma de diámetro a la altura del pecho y de altura. | 47 |
| Figura A-3. Toma de coordenadas geográficas y de ancho de copa. | 48 |
| Figura A-4. Ardilla y Torogoz encontrados durante la fase de campo. | 49 |
| Figura A-5. Paloma doméstica y tortolita encontradas durante la fase de campo. | 49 |
| Figura A-6. Gavilán pollero y Clarinero encontrados durante la fase de campo. | 50 |
| Figura A-7. Tucán pico de navaja y Talapo encontrados durante la fase de campo. | 50 |
| Figura A-8. Creación del proyecto en la herramienta I-Tree Eco®. | 51 |
| Figura A-9. Incorporación de los datos en el programa I-Tree Eco®. | 52 |
| Figura A-10. Árboles en el Parque El Pañuelo que presentan conflicto con el tendido eléctrico. | 53 |
| Figura A-11. Árboles en el Parque El Pañuelo que presentan conflicto con pasos peatonales. | 54 |
| Figura A-12. Árboles en Avenida Bolívar que presentan conflicto con el tendido eléctrico. | 55 |
| Figura A-13. Árboles en la Avenida Bolívar que presentan conflicto con aceras. | 56 |
| Figura A-14. Mapa del arbolado registrado en el Polígono Centro Urbano Libertad. | 57 |
| Figura A-15. Mapa del arbolado registrado en conflicto con las aceras. | 58 |
| Figura A-16. Mapa del arbolado registrado en conflicto con el tendido eléctrico. | 59 |

Resumen

La pasantía profesional se realizó en el Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador/Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (COAMSS/OPAMSS) desde agosto de 2022 hasta mayo de 2023. El área de estudio definida fue el Polígono Centro Urbano Libertad ubicado en el municipio de San Salvador, con coordenadas geográficas 13°43'20" N y 89°12'22" W, específicamente en las instalaciones de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), Instituto Técnico Ricaldone, parque El Pañuelo y en las calles, avenidas y pasajes de la Colonia Libertad, con un área total aproximada de 17.45 hectáreas.

En este estudio se elaboró un inventario de las especies arbóreas y se determinaron los servicios ecosistémicos que generan los árboles existentes en el Sector Centro Urbano Libertad, para lo cual fue indispensable la toma de datos en campo de parámetros como el diámetro a la altura del pecho (1.30 m), altura total, diámetro y altura de copa, copa faltante, entre otros. También se tomó en cuenta información adicional como conflicto con aceras, conflicto con tendido eléctrico y fauna asociada a la zona.

Para la determinación de los Servicios Ecosistémicos se utilizó la herramienta I-Tree Eco[®], desarrollada por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS por sus siglas en inglés), el cual permite conocer la composición y estructura del arbolado presente en determinada zona y, además cuantificar y valorar los servicios ambientales que éstos generan.

Finalmente, en el área de estudio se registraron 1,012 individuos, comprendidos en 34 familias, 56 géneros y 63 especies, el 52% son especies introducidas y el 48% son nativas, el 84% son árboles, el 10% palmeras y el 6% arbustos. *Dyopsis lutescens* es la especie más abundante (124 individuos) y *Cassia siamea* presentó mayor conflicto con las aceras y con el tendido eléctrico. El arbolado de la zona de estudio elimina 283,3 Kg/año de la contaminación del aire con un valor de \$3,226, secuestra 21.55 tm/año de carbono con un valor de \$4,467.07, almacena 288 toneladas de carbono con un valor de \$59,562.11, produce 57.47 tm/año de oxígeno, reduce 1.97 m³ de escurrimiento por año con un valor de \$4.93 y tiene un valor de sustitución de \$2,238,579.26.

I. Introducción

El arbolado urbano se refiere a todos los árboles que se encuentran dentro de las ciudades (árboles de alineación, de parques, de plazas, etc.) y que juegan un papel fundamental, ya que son elementos que contribuyen a la sostenibilidad, a crear ambientes más favorables y a mejorar la calidad de vida de las personas.

Según González (2002) los árboles nos dan sombra, nos protegen de la lluvia y el viento, añaden belleza a nuestro entorno, naturalizan las duras líneas urbanísticas, aportan a nuestros hogares biodiversidad. Asimismo, juegan un papel importante en la mitigación del cambio climático. A todos estos beneficios que nos brindan los árboles se les denomina servicios ecosistémicos o ambientales.

Los servicios ecosistémicos se han clasificado en cuatro grandes grupos: servicios de provisión (por ejemplo, agua limpia, proteína animal, madera, alimentos y fibras); servicios de regulación (como la regulación del clima y de las inundaciones y la purificación del agua); servicios de apoyo (por ejemplo, el ciclo de nutrientes, la biodiversidad y la polinización); y servicios culturales (entre ellos, la estética, la recreación y la espiritualidad) (CEPAL 2017).

El mantenimiento y el buen funcionamiento de los ecosistemas urbanos constituyen la base para un desarrollo equilibrado de la ciudad, puesto que ejercen una influencia positiva en el bienestar del ser humano y en la actividad económica (Szumacher y Malinowska 2013). Sin embargo, algunas especies que forman parte del arbolado urbano pueden crear inconvenientes (daño de aceras y tuberías, interferencia con el tendido eléctrico, daño a viviendas, etc.) o poner en riesgo a los habitantes, si no son manejados de manera adecuada.

Es por ello que es importante realizar un inventario de las especies que forman parte del bosque urbano del Sector Centro Urbano Libertad y así conocer los servicios ecosistémicos que ofrecen y su valor económico, mediante la utilización de la herramienta I-Tree Eco®, para crear nuevas estrategias y llevar a cabo planes de manejo orientados a la gestión de riesgo, la recuperación de espacios públicos y la gestión de establecimiento de nuevo arbolado en la ciudad, como parte de los programas de planificación tanto del COAMSS/OPAMSS, como de la municipalidad de San Salvador.

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 (AMSS), 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 dichos municipios de la necesidad de estar unidos para enfrentar la problemática y 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 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. Inició 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.

5.2. Recursos

5.2.1. 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.

5.2.2. 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.

5.2.3. 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.

5.3. Actividades actuales

5.3.1. Producción principal y otras

Actualmente la OPAMSS impulsa un proyecto de Operación Urbana Integral, en el polígono de la San Luis, 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 nosotros.

5.3.2. 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.

5.3.3. 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 Eco[®]. Aunque la aplicación y la información obtenida es muy relevante para la planificación urbanística, se 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 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

El proyecto se desarrolló en el Polígono Centro Urbano Libertad con coordenadas geográficas 13°43'20" N y 89°12'22" W, ubicado en el departamento de San Salvador, municipio de San Salvador, en cual tiene una elevación de 658 msnm, temperatura que oscila entre 20° y 32°C, precipitación anual de 1,700 mm, humedad relativa de 82% y velocidad del viento de 14.7 km/h. El Sector del Centro Urbano Libertad tiene un área de aproximada de 17.45 ha. Dentro del área de estudio se encuentran el Instituto Técnico Ricaldone, ANDA, el Parque El Pañuelo y las calles de la Colonia Libertad (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del Polígono Centro Urbano Libertad (área de estudio).

7.2. Fase de campo

Esta fase se realizó entre los meses de agosto a noviembre 2022, iniciando con una reunión general con la asesora externa para dar a conocer los aspectos generales del proyecto y definir las estrategias de apoyo para el técnico responsable del proyecto (Figura 2).



Figura 2. Reunión con la asesora externa en las instalaciones de OPAMSS.

Posteriormente, se realizaron las gestiones necesarias para ingresar a las Instalaciones de ANDA y del Ricaldone y efectuar el recorrido general por la zona de estudio para definir las estrategias de trabajo durante la fase de campo (Figura 3). Para realizar el recorrido por la colonia Libertad, se contó con el apoyo de ambos asesores y de la presidenta de la directiva de dicha colonia (Figura 4).



Figura 3. Recorrido por las instalaciones de ANDA (izquierda) y Ricaldone (derecha).



Figura 4. Recorrido por la colonia Libertad con la presidenta de la colonia.

7.2.1. Instrumentos y equipos utilizados

Los instrumentos y equipos utilizados durante el levantamiento de información de los datos en campo se muestran a continuación (Figura 5).



Figura 5. Equipo utilizado para el levantamiento de datos en campo (cinta métrica, GPS, hipsómetro láser y cinta diamétrica).

El préstamo de este equipo fue solicitado al Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

7.2.2. Recopilación de datos en campo

El programa I-Tree Eco® requiere de cierta información de los árboles para determinar la estructura y los servicios ecosistémicos que ofrecen, lo cual está establecido en un protocolo. Los procedimientos para la recolección de los datos se describen a continuación:

Se tomaron en cuenta los árboles, palmeras y arbustos con diámetro igual o mayor a 5 cm, tomado a una altura de 1.30 m (Diámetro a la altura del pecho, DAP), ya que son considerados como los elementos estructurales más relevantes de la vegetación.

Para registrar la información de los árboles, palmeras y arbustos presentes en el área de estudio, se utilizó una hoja de campo definida por el programa I-Tree Eco® (Figura A-1), que incluye las siguientes variables:

- Código del árbol: definido por el técnico encargado del levantamiento de datos.
- Estatus: ya sea plantado, por dispersión natural o desconocido.
- Nombre común: nombre por el que la especie es comúnmente conocido por la población.
- Datos del árbol: diámetro del tronco a una altura de 1.30 m (utilizando cinta diamétrica), altura total (AT), altura copa verde (ACV), altura rama más baja (ARB) (para medir la AT, ACV y ARB se utilizó un hipsómetro láser), ancho de copa (en dos direcciones, de norte a sur y de este a oeste utilizando una cinta métrica), porcentaje de muerte regresiva, porcentaje de copa ausente, porcentaje de superficie impermeable, copa expuesta a la luz, coordenadas geográficas (utilizando un GPS), interferencia o conflicto con aceras o pasos peatonales y con tendido eléctrico (Figura A-2 y Figura A-3).
- Registro fotográfico: utilizando la cámara de un teléfono celular.

La identificación de la fauna presente en la zona de estudio, se realizó de manera visual. Se tomaron fotografías de algunas de las especies, con la ayuda de un teléfono celular (Figura A-4 – Figura A-7).

7.3. Fase de procesamiento de información

- Creación del proyecto en el programa I-Tree Eco®: en el cual se incorporó toda la información recopilada en campo según los requerimientos establecidos por el modelo (Figura A-8).
- Elaboración de base de datos en Excel (2019): con la información de los árboles que se obtuvo en campo, se elaboró una base de datos en Excel.
- Incorporación de los datos en el programa I-Tree Eco®: la base de datos creada en Excel, se verificó con la base de datos de I-Tree Eco®, específicamente, el nombre científico y código de cada una de las especies encontradas en la zona de estudio. Una vez verificada dicha información se incorporó en el programa I-Tree Eco® (Figura A-9).
- Se realizó el envío de los datos verificados, en el programa I-Tree Eco®, al Servicio Forestal de los Estados Unidos.
- Recepción del reporte de los datos analizados por el Servicio Forestal de los Estados Unidos.

7.4. Fase de análisis de los datos y elaboración de informe

Se realizó el análisis e interpretación de los resultados enviados por el Servicio Forestal de los Estados Unidos en el reporte generado por la herramienta I-Tree Eco®. Con esta información se elaboró el informe técnico final en el cual se incluye la composición florística y estructura del arbolado de la zona de estudio, los principales servicios ecosistémicos brindados por dicho arbolado y su valoración económica en dólares, parte de las especies que componen la fauna de la zona y algunas conclusiones y recomendaciones.

8. Resultados y discusión

8.1. Composición florística

La composición florística del Centro Urbano Libertad está integrada por 1,012 individuos encontrados en la zona de estudio que se logró medir (8.45 ha) (Figura A-14). De las especies encontradas, el 84% son árboles, el 10% son palmeras y el 6% son arbustos que están comprendidos en 34 familias, 56 géneros y 63 especies, los cuales se muestran en el cuadro 1. El 52% de dichas especies, son introducidas (I) o exóticas y el 48% son nativas (N).

Aguilar *et al.* (2021) realizaron un estudio en el centro de San Salvador y reportaron 301 individuos en un área de 35.1 ha, de los cuales el 97% son especies exóticas y el 3% nativas. Al compara ambos resultados se observa que, en el Centro Urbano Libertad se registraron más individuos en una menor área, ya que además de la vegetación encontrada en los arriates de las aceras, se incluyeron áreas que cuentan con pequeños bosques (ANDA, Parque El Pañuelo y Ricaldone). Sin embargo, ambos estudios presentaron una mayor cantidad de especies introducidas que nativas.

Cuadro 1. Composición florística encontrada en el Sector Centro Urbano Libertad (CUL).

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Individuos en CUL | Origen |
|----------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|--------|
| Anacardiaceae | <i>Anacardium occidentale</i> | Marañón | 16 | I |
| | <i>Mangifera indica</i> | Mango | 95 | I |
| | <i>Spondias purpurea</i> | Jocote | 12 | N |
| Annonaceae | <i>Annona muricata</i> | Guanaba | 6 | N |
| | <i>Annona reticulata</i> | Anona | 12 | N |
| | <i>Cananga odorata</i> | Ilan Ilan | 2 | I |
| | <i>Polyalthia longifolia</i> | Polialto | 1 | I |
| Araliaceae | <i>Dendropanax arboreus</i> | Mano de león | 2 | N |
| Araucariaceae | <i>Araucaria araucana</i> | Araucaria | 2 | I |
| Arecaceae | <i>Adonidia merrillii</i> | Palmera miami | 36 | I |
| | <i>Brahea salvadorensis</i> | Palmera sombrero | 6 | N |
| | <i>Cocos nucifera</i> | Cocotero | 4 | N |
| | <i>Dypsis lutescens</i> | Palmera egipcia | 124 | I |
| | <i>Phoenix roebelenii</i> | Palmera pigmea | 31 | I |
| | <i>Roystonea regia</i> | Palmera regia | 27 | I |
| Asparagaceae | <i>Dracaena fragrans</i> | Izote extranjero | 28 | I |
| | <i>Yucca gigantea</i> | Izote | 21 | I |
| Bignoniaceae | <i>Crescentia alata</i> | Morro | 1 | N |
| | <i>Spathodea campanulata</i> | Llama del bosque | 5 | I |

| | | | | |
|------------------|------------------------------------|--------------------|-----------|---|
| | <i>Tabebuia chrysantha</i> | Cortés blanco | 8 | N |
| | <i>Tabebuia rosea</i> | Maquilishuat | 74 | N |
| | <i>Tecoma stans</i> | San Andrés | 30 | N |
| Bombacaceae | <i>Ceiba pentandra</i> | Ceiba | 1 | N |
| Burseraceae | <i>Commiphora myrrha</i> | Mirra | 1 | I |
| Casuarinaceae | <i>Casuarina equisetifolia</i> | Casuarina | 62 | I |
| Cecropiaceae | <i>Cecropia obtusifolia</i> | Guarumo | 5 | N |
| Clusiaceae | <i>Calophyllum brasiliense</i> | Barío | 6 | N |
| Combretaceae | <i>Terminalia catappa</i> | Almendro de playa | 27 | I |
| Cupressaceae | <i>Cupressus lusitánica</i> | Ciprés | 8 | N |
| | <i>Thuja orientalis</i> | Tuya | 6 | I |
| Dilleniaceae | <i>Dillenia indica</i> | Magnolia | 9 | I |
| Fabaceae | <i>Andira inermis</i> | Almendro de río | 15 | N |
| | <i>Cassia siamea</i> | Flor amarilla | 23 | I |
| | <i>Delonix regia</i> | Flor de fuego | 5 | I |
| | <i>Gliricidia sepium</i> | Madrecacao | 4 | N |
| | <i>Myroxylon balsamum</i> | Bálsamo | 14 | N |
| | <i>Pithecellobium dulce</i> | Mangollano | 4 | N |
| Lamiaceae | <i>Tectona grandis</i> | Teca | 7 | I |
| Lauraceae | <i>Persea americana</i> | Aguacate | 24 | N |
| Lythraceae | <i>Lagerstroemia speciosa</i> | Júpiter de java | 5 | I |
| Magnoliaceae | <i>Michelia champaca</i> | Falsa magnolia | 3 | I |
| Malpighiaceae | <i>Byrsonima crassifolia</i> | Nance | 3 | N |
| Meliaceae | <i>Cedrela odorata</i> | Cedro | 2 | N |
| Moraceae | <i>Ficus benjamina</i> | Laurel de la india | 51 | I |
| | <i>Ficus obtusifolia</i> | Amate | 2 | N |
| Moringaceae | <i>Moringa oleifera</i> | Moringa | 4 | I |
| Muntingiaceae | <i>Muntingia calabura</i> | Capulín | 1 | N |
| Myrtaceae | <i>Callistemon speciosus</i> | Calistemo | 16 | I |
| | <i>Eucalyptus deglupta</i> | Eucalipto | 7 | I |
| | <i>Psidium friedrichsthalianum</i> | Arrayán | 15 | N |
| | <i>Psidium guajava</i> | Guayabo | 14 | N |
| | <i>Syzygium cumini</i> | Cerezo | 24 | I |
| | <i>Syzygium malaccense</i> | Marañón japonés | 3 | I |
| Pinaceae | <i>Pinus caribaea</i> | Pino | 46 | I |
| Piperaceae | <i>Piper tuberculatum</i> | Cordoncillo | 4 | N |
| Polygonaceae | <i>Triplaris melaenodendron</i> | Mulato | 12 | N |
| Rubiaceae | <i>Morinda citrifolia</i> | Noni | 1 | I |
| Rutaceae | <i>Citrus limon</i> | Limón | 4 | I |
| | <i>Citrus sinensis</i> | Naranja | 1 | I |
| Sapindaceae | <i>Melicoccus bijugatus</i> | Mamón | 4 | I |
| Sapotaceae | <i>Chrysophyllum cainito</i> | Caimito | 1 | N |
| | <i>Manilkara zapota</i> | Zapote | 3 | N |
| Simaroubaceae | <i>Simarouba glauca</i> | Aceituno | 22 | N |

Generalmente los bosques urbanos o periurbanos están compuestos de una mezcla de especies de árboles nativos y exóticos. El aumento en la diversidad de 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 desplazar a las especies nativas.

Las especies de plantas invasivas 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.

8.1.1. Comportamiento de especies arbóreas, palmeras y arbustivas

La familia con el mayor número de individuos fue Arecaceae con 228 individuos (palmeras) y dentro de ésta, *Dypsis lutescens* (palmera egipcia) es dominante con 124 individuos. Esta especie es introducida y por sus características ornamentales es una opción para las personas para decorar los arriates de las aceras y los jardines de las instituciones antes mencionadas que forman parte de la zona de estudio.

La segunda familia más numerosa es la Anacardiaceae con 123 individuos (árboles) de los cuales 95 corresponden a *Mangifera indica* (mango), que también es una especie introducida y que por ser una especie frutal las personas optan por su siembra, muchas veces, sin saber el daño que pueden causar a las aceras y tendido eléctrico si no se les da un manejo adecuado y constante.

Las familias que le siguen en cuanto a número de individuos son la Bignoniaceae, Myrtaceae y Fabaceae, con 118, 79 y 65 individuos, respectivamente. Las especies más destacadas de estas familias son *Tabebuia rosea* (maquilishuat) que es una especie nativa, *Syzygium cumini* (cerezo) que es una especie introducida y *Cassia siamea* (flor amarilla) que también es una especie introducida.

En cuanto a especies arbustivas las más dominantes son *Dracaena fragrans* (Izote extranjero) y *Yucca gigantea* (Izote nacional) con 28 y 21 individuos respectivamente.

8.2. Estructura del bosque urbano

El bosque urbano del Centro Urbano Libertad tiene 1,012 árboles donde las tres especies más abundantes son *Dypsis lutescens* (12,2%), *Mangifera indica* (9,4%) y *Tabebuia rosea*

(7,3%). La densidad promedio es de 122 árboles/hectárea. Las densidades más altas de árboles presentes en el Centro Urbano Libertad se pueden visualizar en la figura 6 y suceden en el Pasaje Santander seguido por Parque El Pañuelo y ANDA.

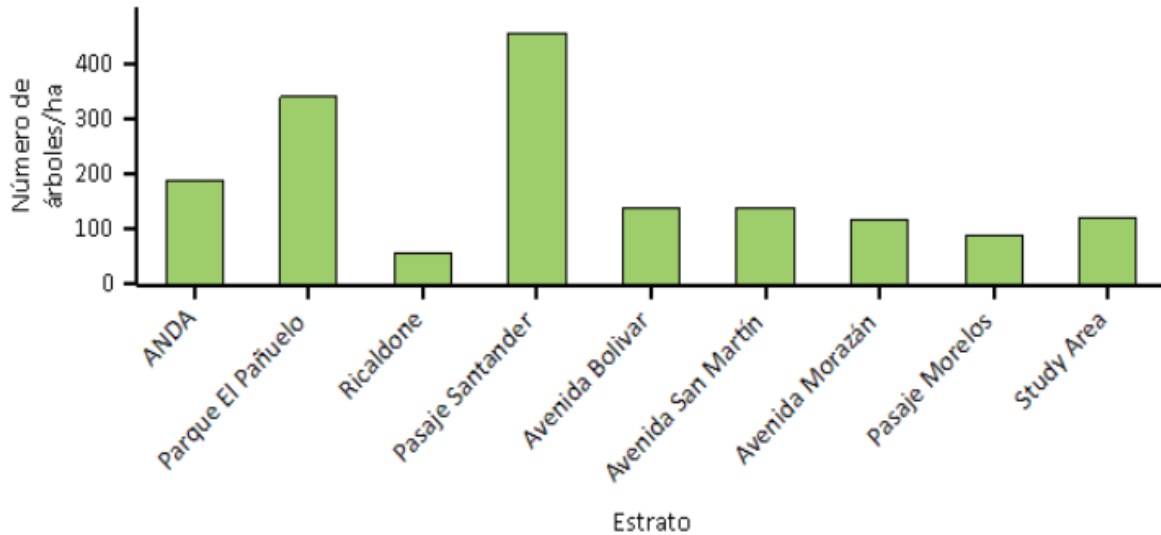


Figura 6. Número de árboles/ha por estrato en Centro Urbano Libertad.

La estructura del arbolado del Centro Urbano Libertad, también se puede visualizar por clases diamétricas en la figura 7. Se puede observar que el mayor número de individuos, aproximadamente el 80%, se encuentran entre la segunda y cuarta clase diamétrica, es decir entre 7.6 y 45.7 cm de diámetro a la altura del pecho; el 7% son individuos con diámetros pequeños lo que indica que se encuentran en las primeras fases de crecimiento. Además, no se encontraron muchos árboles con diámetros grandes.

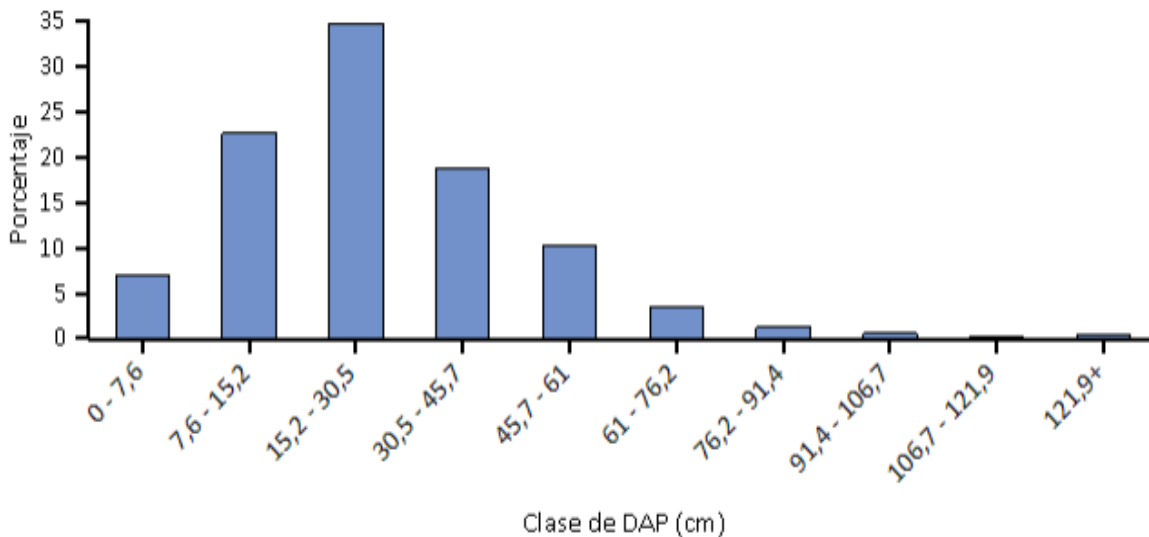


Figura 7. Distribución de la población de árboles por clase diamétrica.

8.3. Conflictos con aceras y tendido eléctrico

Existen especies que forman parte del arbolado del Centro Urbano Libertad y que presentan conflicto con las aceras (Figura A-15) o con el tendido eléctrico (Figura A-16) de la zona, lo que significa un potencial peligro para los transeúntes que circulan por el sector, ya que las raíces de muchas de estas especies levantan las aceras, dañan las tuberías y estructuras de las viviendas como paredes y pisos. Además, las ramas de algunas especies encontradas y que no tienen un manejo adecuado, como podas periódicas, pueden causar cortocircuitos y dañar aparatos electrónicos, lo que representa gastos económicos para las familias que habitan en la zona.

En la figura 8 se observa el número de individuos que presentan conflicto con aceras y con el tendido eléctrico, por estratos, en el cual se visualiza que los árboles causan más interferencias en el tendido eléctrico que en las aceras.

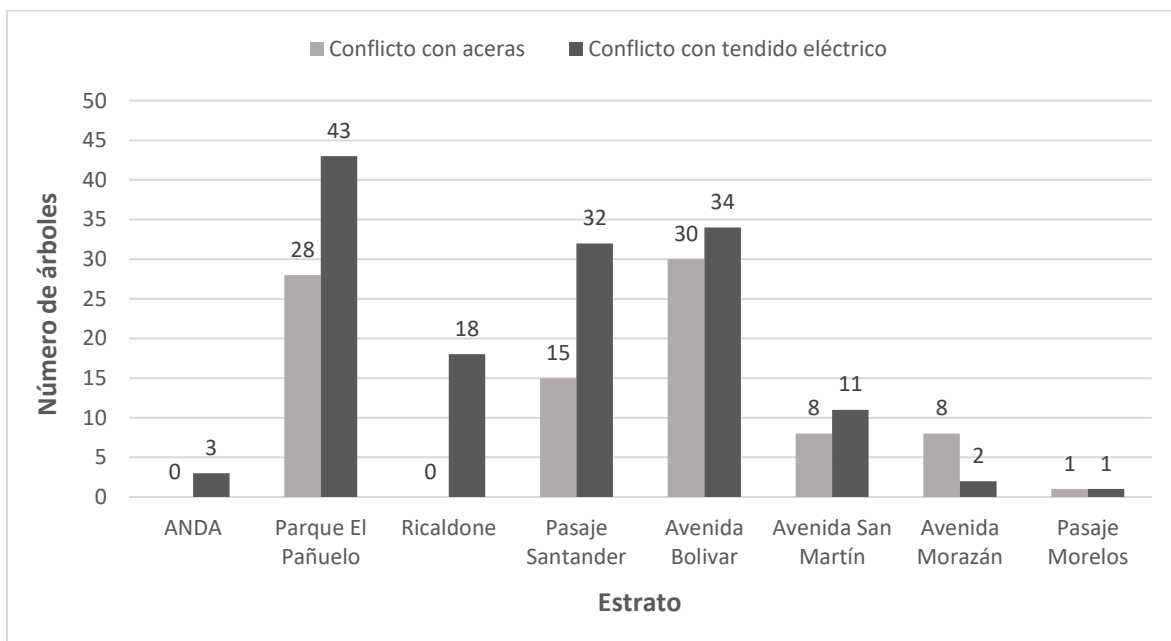


Figura 8. Árboles que presentan conflicto con aceras y tendido eléctrico por estrato.

En el Parque El Pañuelo se reporta la mayor interferencia de árboles con el tendido eléctrico (43 individuos), debido a que hay árboles de gran tamaño que no son podados y por lo tanto sus ramas tienen contacto con el tendido que va de los postes hacia las viviendas aledañas al parque (Figura A-10). De igual forma, se registró que 28 individuos presentan conflicto con aceras o áreas encementadas (camino, canchas, etc.) (Figura A-11). En segundo lugar, se encuentra la Avenida Bolívar, en el cual se registraron 34 individuos que tienen

conflicto con el tendido eléctrico (Figura A-12) y 30 individuos que tienen conflicto con las aceras (Figura A-13). En tercer lugar, se encuentra el Pasaje Santander, con 32 individuos causando interferencia con el tendido eléctrico y 15 individuos con las aceras.

En el caso de ANDA y del Ricaldone, a pesar de tener una gran cantidad de árboles, no presentaron conflicto con aceras y relativamente poca interferencia con el tendido eléctrico, ya que la mayoría de los árboles se encuentran ubicados en espacios amplios, es decir, sin la presencia de estructuras que puedan ser dañadas por su crecimiento o fueron seleccionadas especies aptas para ser establecidas en arriates.

En la mayoría de los estratos (avenidas, pasajes, parque o instituciones), se encontraron más árboles en conflicto con el tendido eléctrico que con las aceras, a excepción de la Avenida Morazán, en la cual se registraron 8 árboles en conflicto con las aceras y solamente 2 árboles en conflicto con el tendido eléctrico.

En el cuadro 2 se pueden observar las especies y el número de individuos registrados que presentaron conflicto con el tendido eléctrico en el Centro Urbano Libertad.

Cuadro 2. Especies que presentan conflicto con el tendido eléctrico.

| Espece | Conflicto con tendido eléctrico | Espece | Conflicto con tendido eléctrico |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Anacardium occidentale</i> | 1 | <i>Moringa oleífera</i> | 2 |
| <i>Andira inermis</i> | 5 | <i>Persea americana</i> | 2 |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> | 1 | <i>Phoenix roebelenii</i> | 4 |
| <i>Callistemon speciosus</i> | 4 | <i>Pinus caribaea</i> | 13 |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> | 1 | <i>Polyalthia longifolia</i> | 1 |
| <i>Cananga odorata</i> | 1 | <i>Psidium friedrichsthalianum</i> | 1 |
| <i>Cassia siamea</i> | 15 | <i>Psidium guajava</i> | 1 |
| <i>Casuarina equisetifolia</i> | 7 | <i>Roystonea regia</i> | 1 |
| <i>Cocos nucifera</i> | 1 | <i>Simarouba glauca</i> | 5 |
| <i>Cupressus lusitánica</i> | 1 | <i>Spondias purpurea</i> | 3 |
| <i>Delonix regia</i> | 1 | <i>Syzygium cumini</i> | 1 |
| <i>Dracaena fragrans</i> | 1 | <i>Syzygium malaccense</i> | 1 |
| <i>Dyopsis lutescens</i> | 12 | <i>Tabebuia chrysantha</i> | 1 |
| <i>Ficus benjamina</i> | 7 | <i>Tabebuia rosea</i> | 13 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 2 | <i>Tecoma stans</i> | 9 |
| <i>Lagerstroemia speciosa</i> | 3 | <i>Tectona grandis</i> | 2 |
| <i>Mangifera indica</i> | 12 | <i>Terminalia catappa</i> | 3 |
| <i>Melicoccus bijugatus</i> | 1 | <i>Yucca gigantea</i> | 2 |
| <i>Michelia champaca</i> | 3 | TOTAL | 144 |

Se puede visualizar un total de 37 especies en conflicto con el tendido eléctrico de las cuales *Cassia siamea* presentó el mayor número de árboles en conflicto (15 árboles), seguido por

Pinus caribaea y *Tabebuia rosea*, ambas especies con 13 árboles y en tercer lugar se encuentran *Mangifera indica* y *Dyopsis lutescens*, ambas con 12 individuos.

COAMSS/OPAMSS (2020) presenta en el Catálogo para la selección de especies arbóreas y vegetativas, una propuesta de especies idóneas para ser establecidas en arriates de aceras, arriates centrales y área abierta que, al ser comparada con el listado de las especies en conflicto registradas, 24 no aparecen en el catálogo. Cinco de las especies que si aparecen en el catálogo y que presentaron más individuos en conflicto con el tendido eléctrico son: *Cassia siamea*, *Tecoma stans*, *Simarouba glauca*, *Andira inermis* y *Callistemon speciosus*.

Por otra parte, en el cuadro 3 se pueden observar las especies y el número de individuos registrados que presentaron conflicto con las aceras en el Centro Urbano Libertad.

Cuadro 3. Especies que presentan conflicto con las aceras.

| Especie | Conflicto con aceras | Especie | Conflicto con aceras |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <i>Andira inermis</i> | 3 | <i>Persea americana</i> | 1 |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> | 1 | <i>Pinus caribaea</i> | 3 |
| <i>Callistemon speciosus</i> | 6 | <i>Polyalthia longifolia</i> | 1 |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> | 2 | <i>Roystonea regia</i> | 1 |
| <i>Cananga odorata</i> | 2 | <i>Simarouba glauca</i> | 1 |
| <i>Cassia siamea</i> | 15 | <i>Syzygium cumini</i> | 7 |
| <i>Casuarina equisetifolia</i> | 7 | <i>Syzygium malaccense</i> | 1 |
| <i>Delonix regia</i> | 2 | <i>Tabebuia chrysantha</i> | 1 |
| <i>Ficus benjamina</i> | 11 | <i>Tabebuia rosea</i> | 13 |
| <i>Lagerstroemia speciosa</i> | 2 | <i>Tecoma stans</i> | 3 |
| <i>Mangifera indica</i> | 3 | <i>Terminalia catappa</i> | 2 |
| <i>Michelia champaca</i> | 2 | TOTAL | 90 |

Se puede visualizar un total de 23 especies en conflicto con las aceras de las cuales la especie que presentó más individuos en conflicto fue *Cassia siamea* con 15 árboles, seguida de *Tabebuia rosea* con 13 árboles y en tercer lugar *Ficus benjamina* con 11 árboles. Estas especies son árboles de gran tamaño cuyas raíces provocan el levantamiento de las aceras y pueden causar daños a tuberías y otras estructuras.

Comparando las especies propuestas en el catálogo de COAMSS/OPAMSS (2020) con el listado de las especies que presentan conflicto con aceras en el Centro Urbano Libertad, 13 no aparecen en dicho catálogo. Cuatro de las especies que si aparecen y que presentaron más individuos en conflicto con las aceras son: *Cassia siamea*, *Callistemon speciosus*, *Tecoma stans* y *Andira inermis*.

Es importante mencionar que 3 de las especies que aparecen en el catálogo de COAMSS/OPAMSS (2020) y que presentaron conflicto con el tendido eléctrico y con aceras se encuentran en la propuesta para ser establecidas en áreas abiertas. Estas especies son: *Andira inermis*, *Persea americana* y *Calophyllum brasiliense*.

En la figura 9 se puede visualizar el porcentaje de los árboles que tienen incidencia con las aceras y con el tendido eléctrico. Se puede observar que el 8.89% de los árboles presentan conflicto con las aceras, el 14.23% tienen conflicto con el tendido eléctrico y el 76.88% no presentan ningún conflicto. Este resultado se debe a que gran parte de los árboles registrados se encuentran en ANDA y Ricaldone.



Figura 9. Porcentaje de árboles que presentan conflicto con aceras y tendido eléctrico.

8.4. Eliminación de la contaminación

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 han dado a conocer que el aumento en la cobertura de los árboles conduce a una menor formación de ozono (Nowak y Dwyer 2000).

Los árboles urbanos pueden influir en la calidad del aire convirtiendo el dióxido de carbono en oxígeno a través de la fotosíntesis, interceptando partículas contaminantes (polvo, ceniza, polen y humo) y absorbiendo gases tóxicos como el ozono, el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno (FAO 2023).

La eliminación de la contaminación anual efectuada por el arbolado del Sector Centro Urbano Libertad, se presenta en la figura 10.

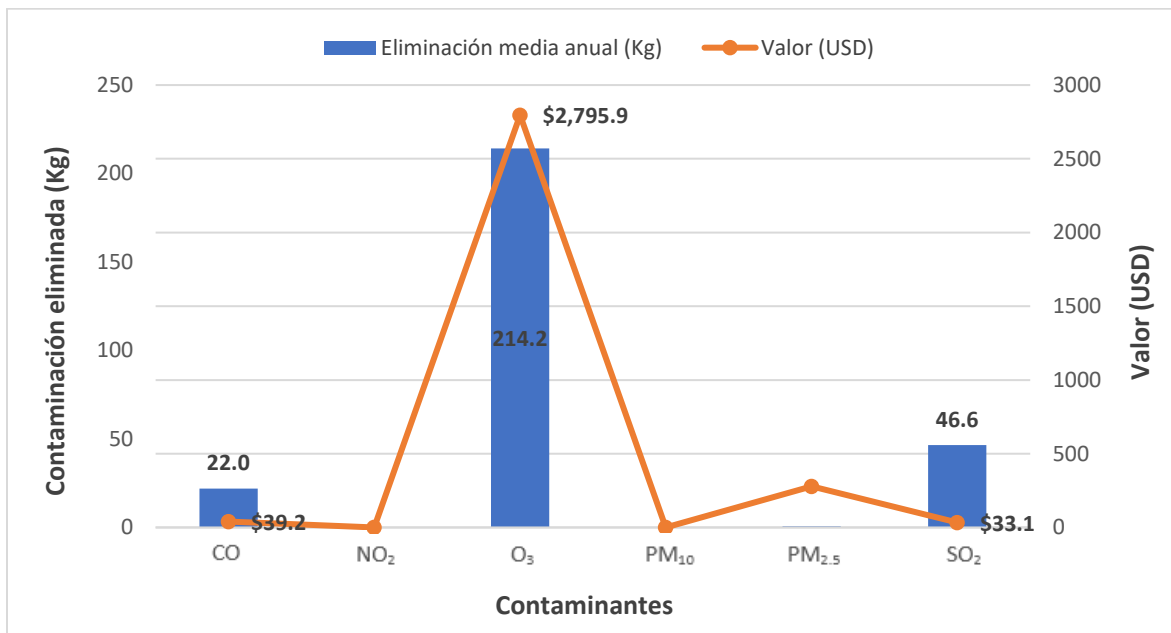


Figura 10. Contaminantes eliminados por año y su equivalente en dólares.

Se puede observar que el Ozono (O₃), fue el contaminante con mayor eliminación con 214.2 Kg al año que equivalen a \$2,795.9 dólares, seguido por el dióxido de sulfuro (SO₂) con 46.6 Kg al año que equivalen a \$33.1 dólares y en tercer lugar se encuentra el monóxido de carbono (CO) con 22 Kg que equivalen a \$39.2 dólares.

Se estima que los árboles registrados eliminaron en promedio 283,3 Kg/año de la contaminación del aire (ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), material particulado menor a 2.5 micrones (PM_{2.5}), material particulado menor a 10 micrones y mayor a 2.5 micrones (PM₁₀), y dióxido de sulfuro (SO₂)) con un valor asociado de \$3,226 dólares.

8.4.1. Eliminación de contaminantes por especie

La eliminación de contaminantes y su valor equivalente de las principales especies registradas en el Centro Urbano Libertad, se presentan en las figuras 11 y 12 respectivamente.

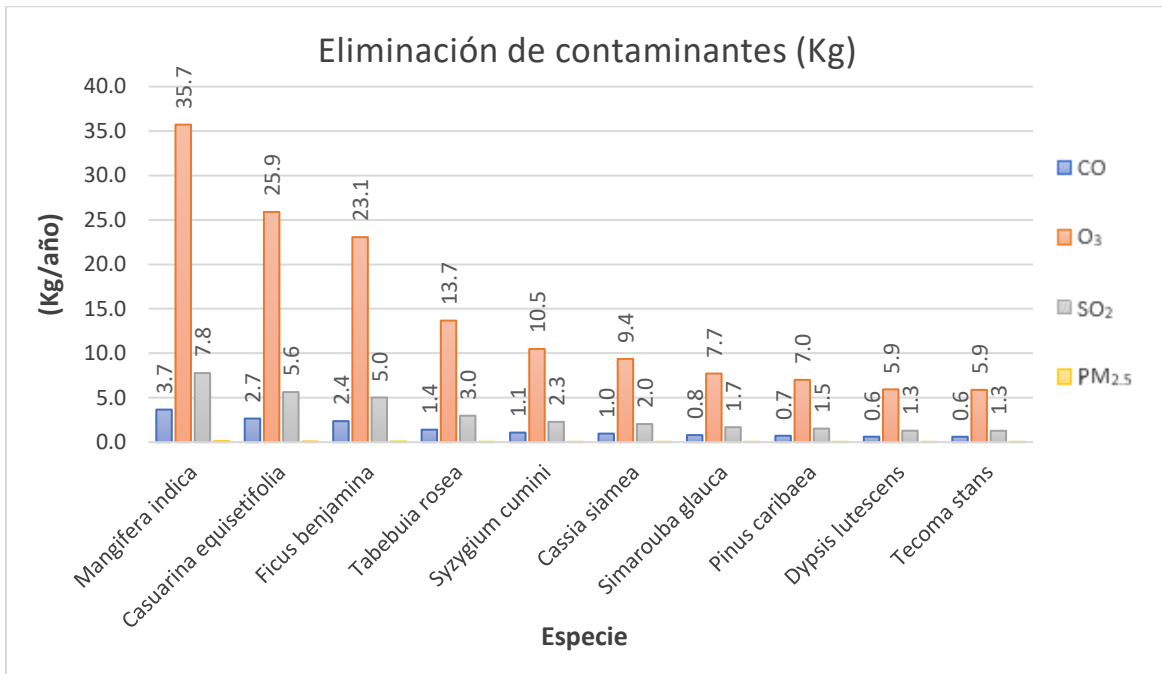


Figura 11. Eliminación de contaminación en kilogramos por año según especie.

En la figura 11 se puede observar que las especies que más contribuyen en la eliminación de contaminantes del aire son *Mangifera indica* que elimina 35.7 kg/año de ozono, 7.8 kg/año de dióxido de sulfuro y 3.7 kg/año de monóxido de carbono; *Casuarina equisetifolia* elimina 25.9 kg/año de ozono, 5.6 kg/año de dióxido de sulfuro y 2.7 kg/año de monóxido de carbono y *Ficus benjamina* elimina 23.1 kg/año de ozono, 5.0 kg/año de dióxido de sulfuro y 2.4 kg/año de monóxido de carbono.

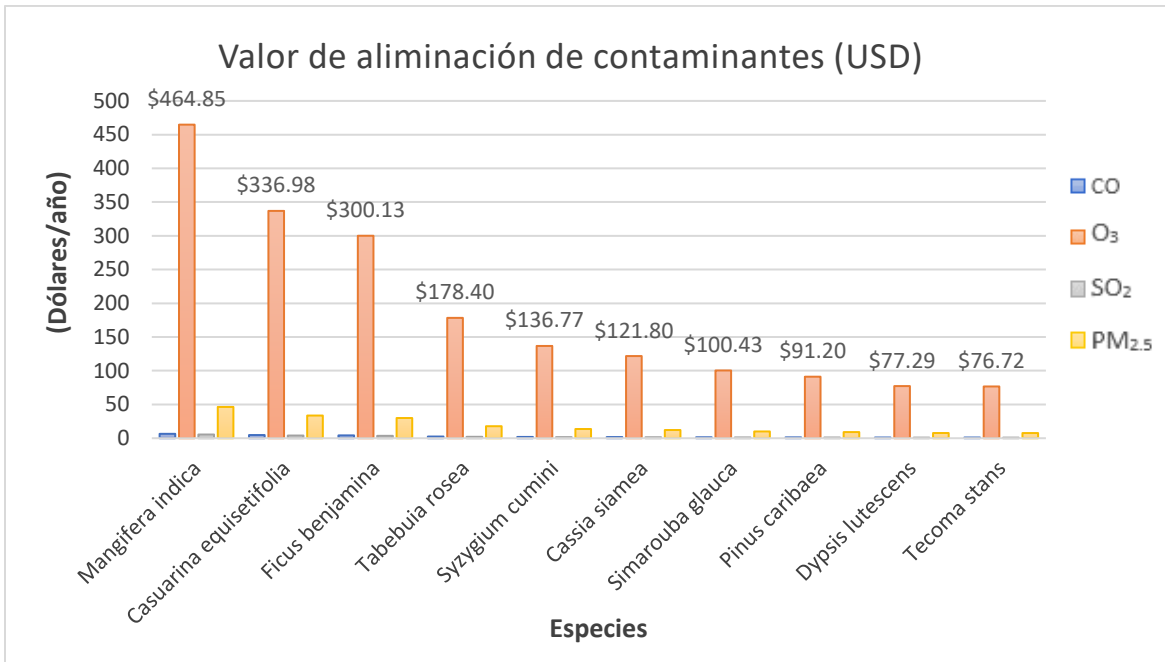


Figura 12. Eliminación de la contaminación en dólares por año según especie.

En la figura 12 se observa el valor asociado a la eliminación de contaminantes, principalmente ozono, en donde las especies más eficientes son *Mangifera indica*, *Casuarina equisetifolia* y *Ficus benjamina* que tienen un valor asociado a la eliminación de dicho contaminante de \$464.85, \$336.98 y \$300.13 dólares/año, respectivamente.

Es importante mencionar que a pesar de que *Dyopsis lutescens* es la especie más abundante, no es la más importante con respecto a la eliminación de contaminantes, lo cual indica que sus hojas y corteza tienen menor capacidad de atrapar y absorber las partículas pequeñas y gases presentes en la atmósfera que provienen de la contaminación de las fábricas, vehículos y actividades humanas.

8.5. Secuestro y almacenamiento de carbono

El cambio climático es un problema de preocupación mundial, ya que año con año, la temperatura va en aumento y los patrones climáticos van siendo cada vez más irregulares en todo el mundo. Los árboles urbanos pueden ayudar a mitigar el cambio climático al secuestrar el carbono atmosférico (del dióxido de carbono) en sus tejidos (Abdollahi *et al.* 2000).

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera al secuestrarlo en el crecimiento nuevo cada año. La cantidad de carbono secuestrado anualmente aumenta con

el tamaño y la salud de los árboles. El secuestro bruto en el Sector Centro Urbano Libertad es de 21.55 toneladas métricas de carbono por año con un valor asociado de \$4,467.07.

En la figura 13 se presentan las principales especies del Centro Urbano Libertad, que tienen los valores más altos en secuestro de carbono y su valor asociado en dólares.

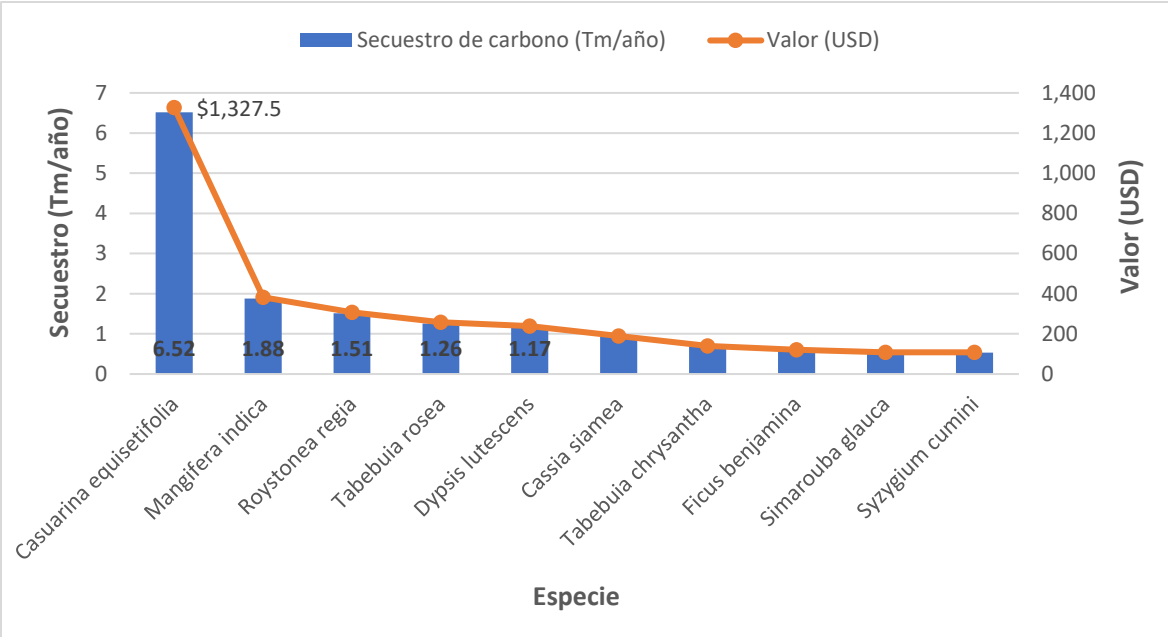


Figura 13. Secuestro de carbono y su valor asociado de las principales especies.

Se observa que el mayor secuestro de carbono lo realiza *Casuarina equisetifolia*, ya que secuestra 6.5 toneladas métricas por año de carbono con un valor de \$1,327.5 dólares, que es considerablemente superior en relación a las demás especies. Por otra parte, *Mangifera indica*, *Roystonea regia*, *Tabebuia rosea* y *Dypsis lutescens* secuestran una cantidad similar de carbono, a pesar de tener una diferencia considerable en el número de individuos, estas especies secuestran 1.88, 1.51, 1.26 y 1.17 Tm/año, respectivamente. Se esperaría que la cantidad de secuestro de carbono fuera proporcional a la cantidad de individuos, pero no lo es, ya que depende principalmente de la capacidad fotosintética de cada especie.

El almacenamiento de carbono es otra manera en la que el arbolado urbano puede atenuar el cambio climático ya que conforme el árbol crece, almacena más carbono sujetándolo a sus tejidos. La madera es un increíble depósito de carbono, dura años como un árbol en pie, y tarda años en descomponerse después de que el árbol muere (Norman y Kreye 2022), por lo tanto, mantener arboles saludables mantendrá el carbono almacenado por más tiempo.

Se calcula que los árboles del Centro Urbano Libertad almacenan 288 toneladas de carbono, equivalente a \$59,562.11.

En la figura 14 se muestran las especies que almacenan las mayores cantidades de carbono en la zona de estudio.

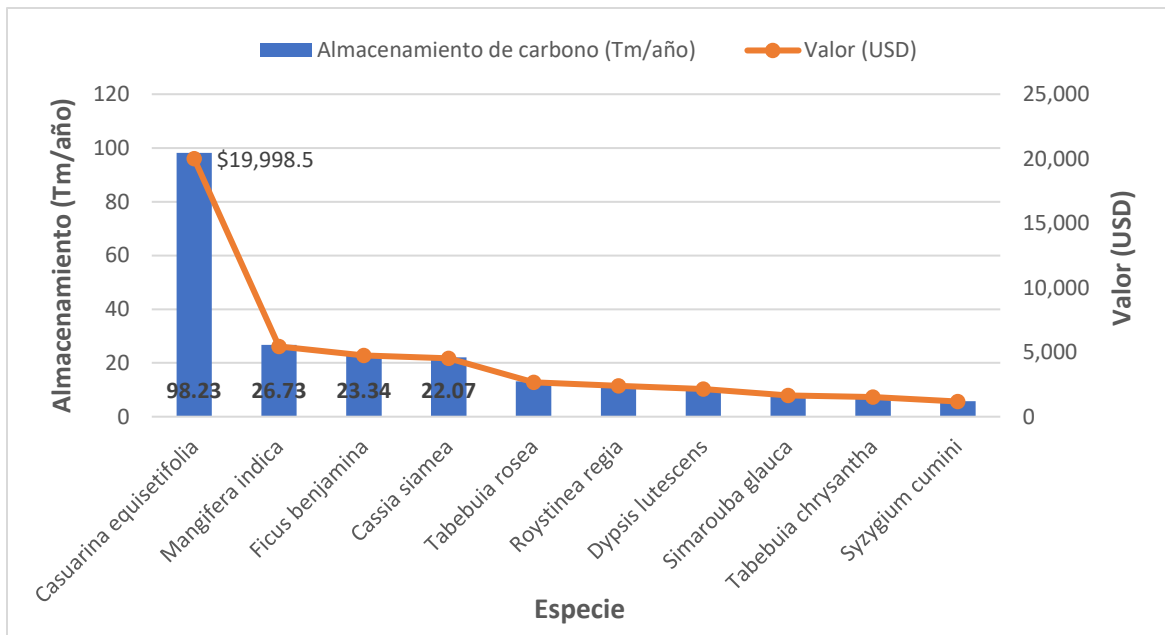


Figura 14. Almacenamiento de carbono y su valor asociado de las principales especies.

Se observa que, de las especies encontradas, *Casuarina equisetifolia* almacena la mayor cantidad de carbono, 98.23 toneladas métricas (aproximadamente 34.1% del total) con un valor de \$19,998.5, debido a que los individuos encontrados son árboles maduros, grandes y en su mayoría bien desarrollados. *Mangifera indica* se encuentra en segundo lugar, seguida por *Ficus benjamina* y *Cassia siamea* que almacenan 26.73, 23.34 y 22.07 toneladas métricas de carbono respectivamente.

8.6. Producción de oxígeno

Con la energía del sol, las plantas producen sustancias orgánicas que son la base de la cadena alimentaria de todos los animales, al mismo tiempo, liberan el oxígeno que todos los seres vivos necesitan para respirar (FAO 1996). Por lo tanto, las zonas verdes en las ciudades son necesarias, no solo como esparcimiento vital de la sociedad, también como método de ingreso de oxígeno para los humanos (Burgos 2021).

La producción anual de oxígeno de un árbol está directamente relacionada con la cantidad de carbono secuestrado, la cual está vinculada con la acumulación de biomasa del árbol. Según la FAO (2011), un kilómetro cuadrado de bosque genera 1.000 toneladas de oxígeno al año.

Se calcula que los árboles de la zona de estudio, producen 57.47 toneladas métricas de oxígeno al año. Sin embargo, de acuerdo a Broecker (1970), este beneficio de los árboles es relativamente insignificante debido a la gran y relativamente estable cantidad de oxígeno en la atmósfera y extensa producción por los sistemas acuáticos.

En figura 15 se presentan las principales especies productoras de oxígeno del Sector Centro Urbano Libertad.

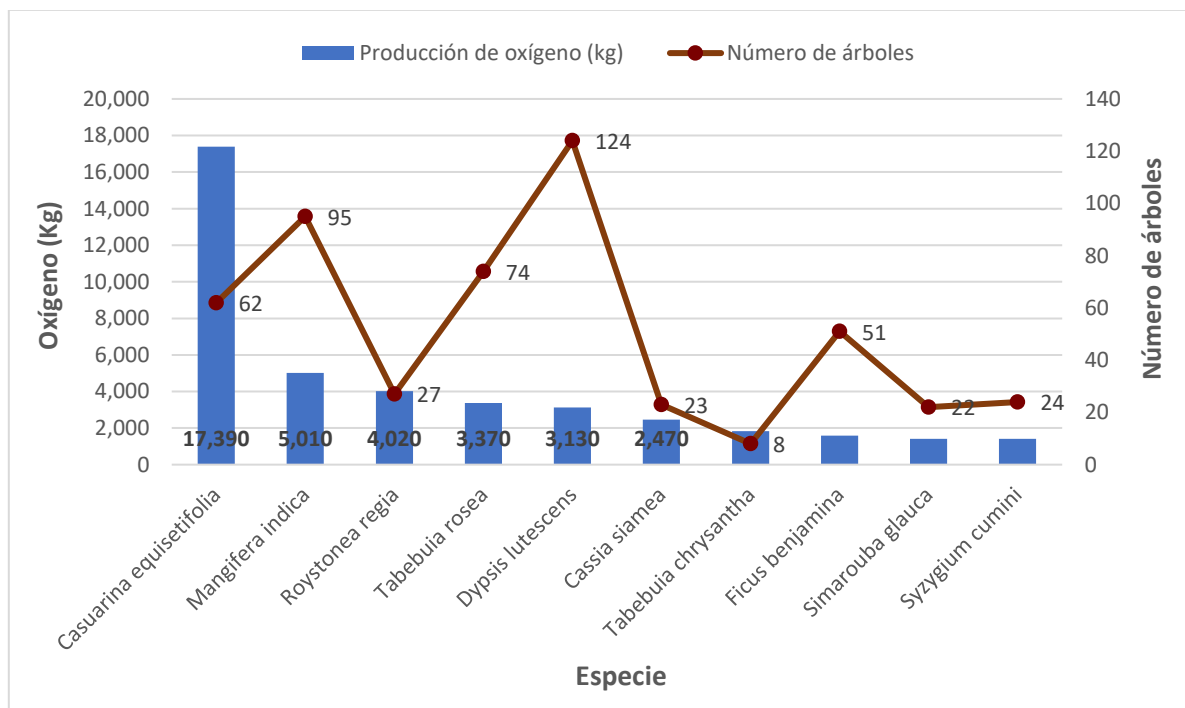


Figura 15. Relación entre el número de árboles y producción de oxígeno por especie.

Se muestra que *Casuarina equisetifolia* es la especie que produce la mayor cantidad de oxígeno, con un valor de 17,390 kg que provienen de 62 árboles, seguida por *Mangifera indica* (95 árboles) y *Roystonea regia* (27 palmeras), con valores de 5,010 y 4,020 kg, respectivamente. A pesar de que *Mangifera indica* tiene una mayor cantidad de árboles que *Casuarina equisetifolia*, no produce más oxígeno.

Las especies *Tabebuia rosea* y *Dypsis lutescens* presentan el mismo comportamiento en el sentido de que ambas tienen una gran diferencia en el número de individuos y sin embargo *Tabebuia rosea* que tiene una menor cantidad de árboles produce más oxígeno que *Dypsis lutescens*. Otras especies que llaman la atención son *Tabebuia chrysantha* y *Ficus benjamina*, ya que la primera a pesar de tener solamente 8 árboles produce más oxígeno que la segunda que tiene 51 árboles.

A continuación, se presenta la producción de oxígeno por estratos en relación al número de árboles registrados.

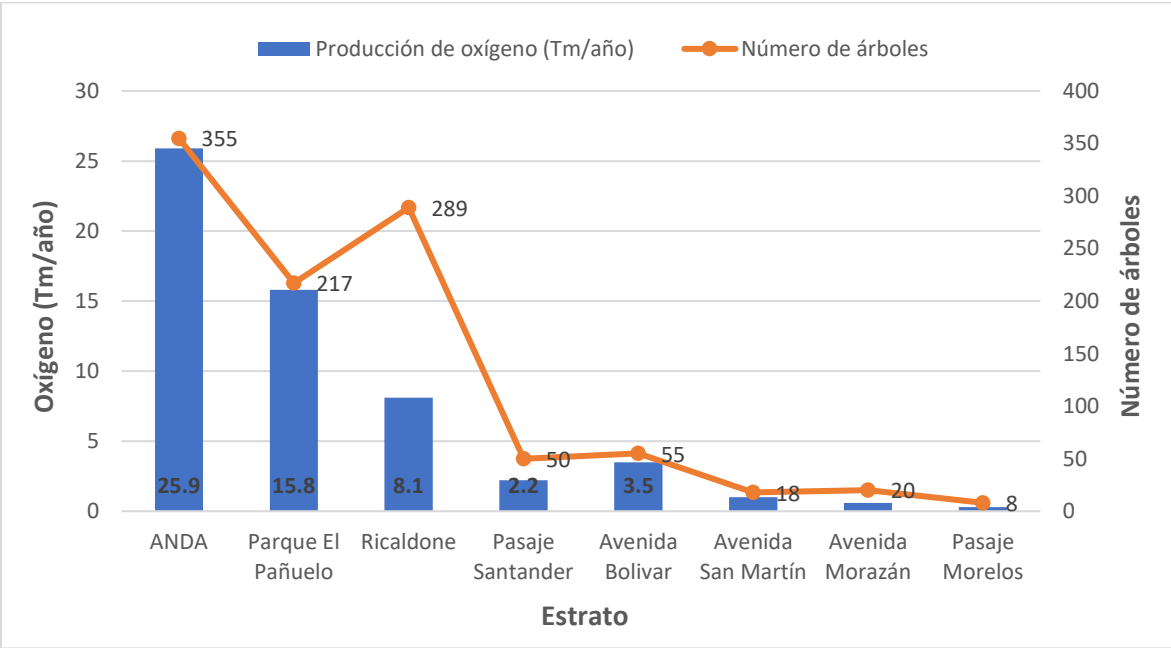


Figura 16. Relación entre producción de oxígeno y el número de árboles por estrato.

En la figura 16 se visualiza que la producción de oxígeno es mayor en ANDA en relación con los demás estratos ya que produce 25.9 toneladas métricas de oxígeno, seguido por el Parque El Pañuelo que produce 15.8 toneladas métricas. También podemos observar que el Ricaldone tiene una mayor cantidad de árboles que el Parque El Pañuelo, pero produce menos oxígeno debido a las especies encontradas en esa zona, como por ejemplo la gran cantidad de palmeras egipcias (*Dypsis lutescens*), que producen una baja cantidad de oxígeno.

8.7. Esgurrimiento evitado

El esgurrimiento 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 esgurrimiento marca el exceso de la capacidad de infiltración del suelo (Murillo 2010).

Durante los eventos de precipitación, cierta cantidad es 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 esgurrimiento superficial (Hirabayashi 2012).

Es por ello que los árboles, matorrales y arbustos tienen gran importancia en la reducción del esgurrimiento superficial, ya que interceptan la precipitación, mientras que sus sistemas de raíces promueven la infiltración y el almacenamiento en el suelo. Los residuos de la vegetación también sirven como fuente de alimentos y energía a los organismos del suelo, lo cual favorece la formación de materia orgánica y canales subterráneos de la fauna que conducen a altas tasas de infiltración (FAO 2005).

Los árboles, arbustos y palmeras del Sector Centro Urbano Libertad, ayudan a reducir el esgurrimiento por casi 1.97 metros cúbicos al año con un valor asociado de \$4.93. Este resultado se debe a que no hay registros de los datos climatológicos del país en la base de datos del programa.

La cantidad de esgurrimiento evitado por estrato y su valor asociado, se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Esgurrimiento evitado y valor asociado por estrato.

| Estrato | Esgurrimiento evitado (m³/año) | Valor (USD/año) |
|--------------------|--|------------------------|
| Parque El Pañuelo | 0.74 | 1.86 |
| ANDA | 0.70 | 1.74 |
| Ricaldone | 0.32 | 0.81 |
| Avenida Bolívar | 0.08 | 0.20 |
| Pasaje Santander | 0.07 | 0.18 |
| Avenida Morazán | 0.03 | 0.07 |
| Pasaje Morelos | 0.01 | 0.03 |
| Avenida San Martín | 0.01 | 0.02 |

En el cuadro anterior, se muestra el escurrimiento evitado en metros cúbicos por año y su valor asociado en dólares, por estrato. Se observa que el arbolado presente en el Parque El Pañuelo reduce 0.74 metros cúbicos de escurrimiento con un valor de \$1.86, seguido por el arbolado de ANDA y en tercer lugar el arbolado del Ricaldone que reducen 0.70 metros cúbicos con un valor de \$1.74 y 0.32 metros cúbicos con un valor de \$0.81, respectivamente.

Cuanto mayor sea el área foliar, estimada principalmente en base a las características morfológicas de las especies, mayor será la reducción de la escurrimiento superficial (Asociación Ecología y Educación para una Ciudad Sostenible – Transitando 2019).

En la figura 17 y 18 podemos observar que la afirmación anterior se cumple en este estudio, ya que el Parque El Pañuelo que tiene una menor cantidad de árboles que ANDA y que el Ricaldone, es más eficiente para evitar la escurrimiento superficial debido a que cuenta con árboles que son más eficientes, en este aspecto, por su cobertura foliar. Por lo tanto, el escurrimiento evitado no depende tanto del número de árboles, sino de las características de las especies presentes.

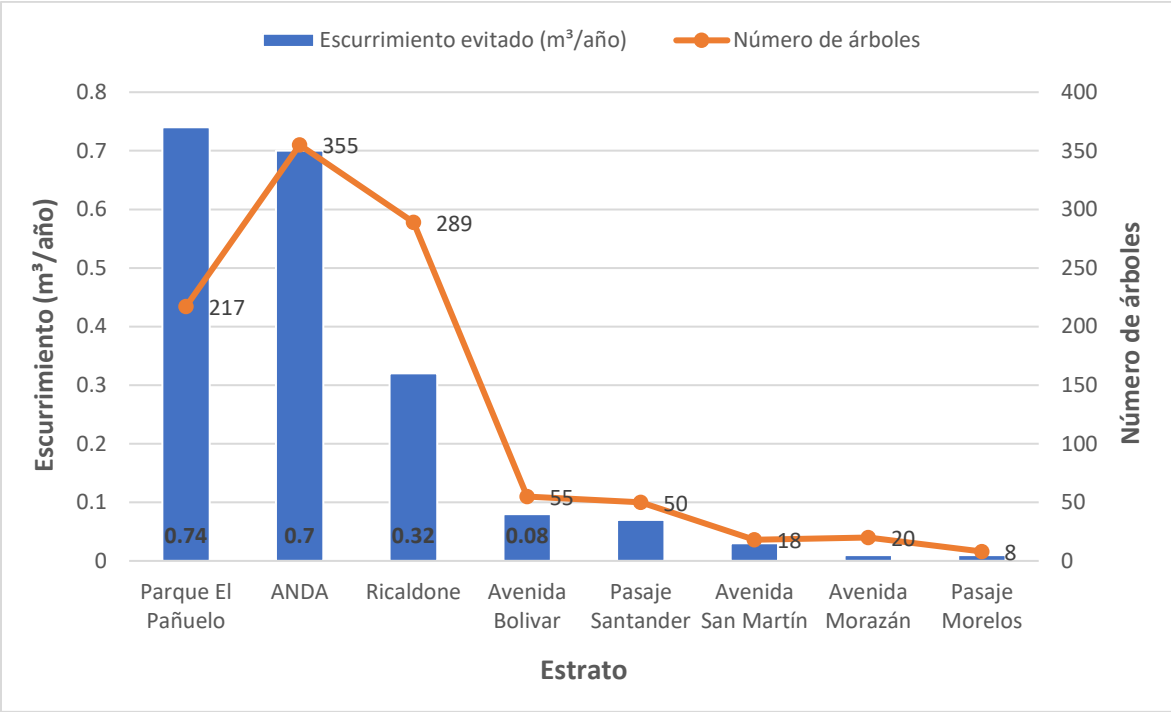


Figura 17. Relación entre el escurrimiento evitado y el número de árboles por estratos.

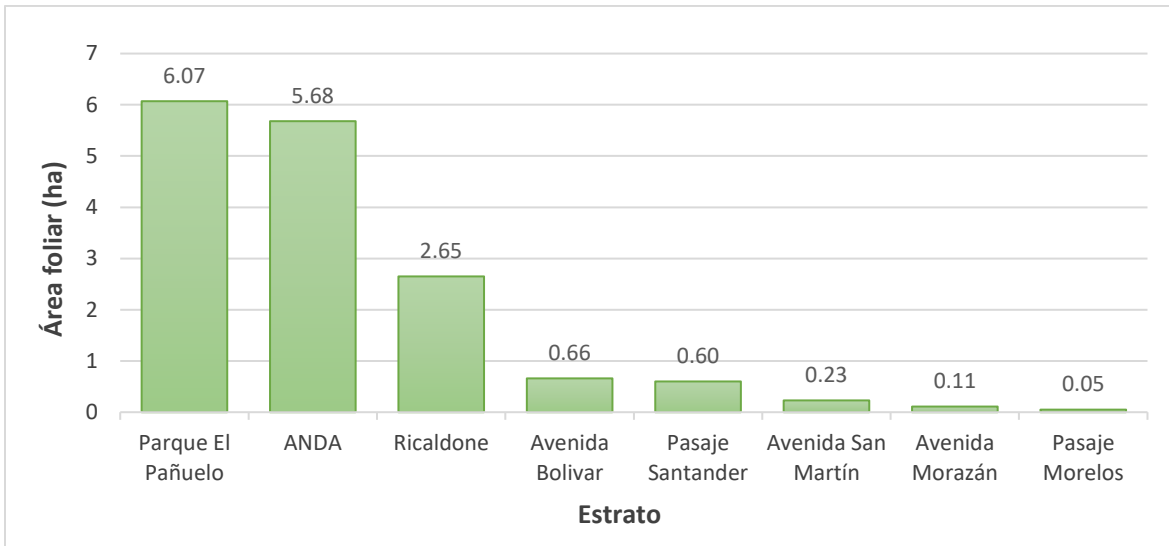


Figura 18. Área foliar de los árboles registrados, por estrato.

8.7.1. Esgurrimiento evitado por especie y valor asociado

En la figura 19, se presenta el esgurrimiento evitado por las 10 principales especies encontradas en el Centro Urbano Libertad.

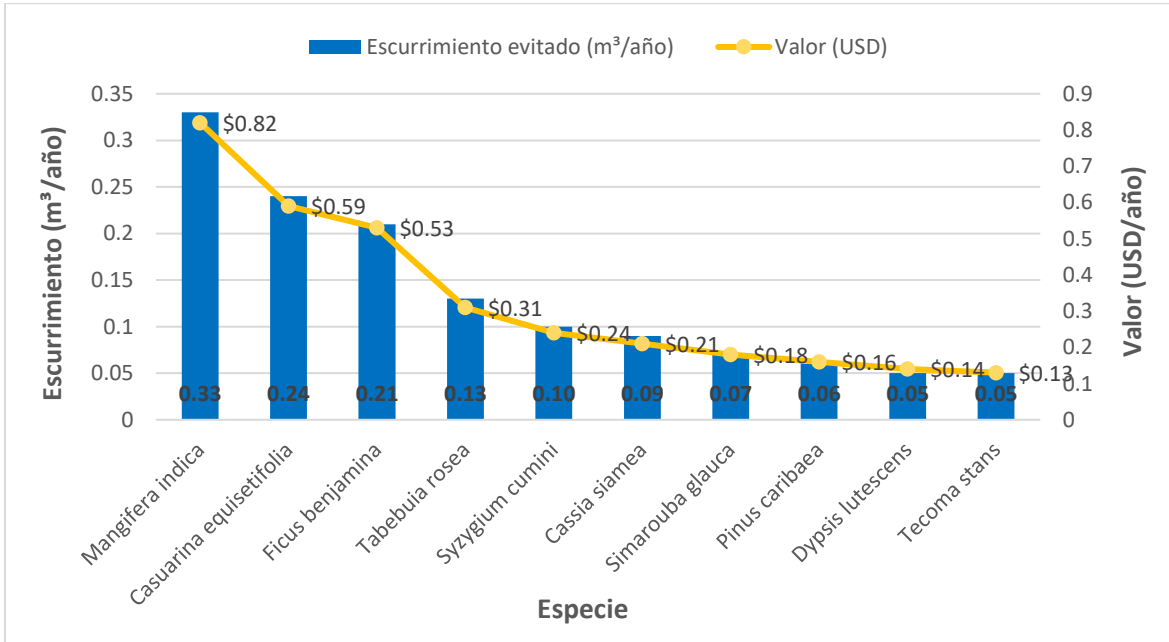


Figura 19. Esgurrimiento evitado y valor asociado por especie.

Mangifera indica es la especie que más lluvia intercepta ya que cuenta con una mayor área foliar en 95 árboles. Esta especie reduce 0.33 m³ por año con un valor asociado de \$0.82.

Casuarina equisetifolia se encuentra en segundo lugar, *Ficus benjamina* en tercer lugar y *Tabebuia rosea* les sigue a pesar de tener una mayor cantidad de individuos, lo que representa que tiene una menor área foliar y por lo tanto intercepta menos lluvia. *Dypsis lutescens* que es la especie más abundante (124 individuos) se encuentra en noveno lugar lo cual es comprensible ya que se trata de una palmera y *Tecoma stans* que cuenta con 30 individuos evita la misma cantidad de escorrentía que *Dypsis lutescens* (0.05 m³).

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.

8.8. Valores estructurales (de sustitución) y funcionales

Los bosques urbanos tienen un valor de sustitución basado en los mismos árboles (p. ej., el costo de tener que reemplazar un árbol con otro similar); también tienen valores funcionales basados en las funciones que desempeñan.

El valor estructural (de sustitución) del bosque urbano tiende a subir cuando aumenta el número y tamaño de los árboles saludables (Nowak *et al.* 2002a). 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.

Es importante conocer las especies que se encuentran en determinada área, ya que, si éstas se sustituyen por otras, los beneficios que ofrecen pueden disminuir o incrementarse, dependiendo de las características de las especies seleccionadas para la sustitución.

En la siguiente figura se muestran los valores de sustitución de los árboles registrados en el Sector Centro Urbano Libertad. El valor total del arbolado de la zona de estudio es de \$2,238,579.26 dólares, que es el costo de reemplazarlos por otros similares.

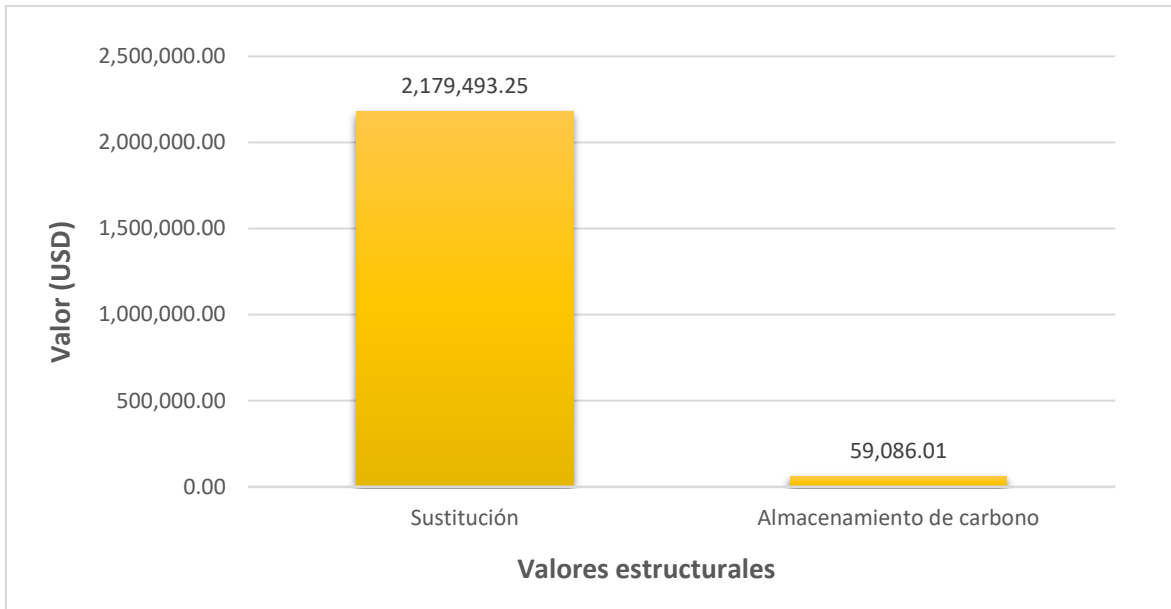


Figura 20. Valores de sustitución (estructurales) de los árboles del Centro Urbano Libertad.

En la figura 21 se muestran los valores funcionales anuales de los servicios ecosistémicos reportados para los árboles de la zona de estudio, que incluyen el secuestro de carbono (\$4,431.45), escurrimiento evitado (\$4.93) y eliminación de contaminantes (\$3,166.12), haciendo un total de \$7,602.5 dólares anuales. Puede observarse la gran importancia que tienen los árboles en su función de secuestrar carbono y eliminar contaminantes que se encuentran en el aire y que son producto de las actividades humanas.

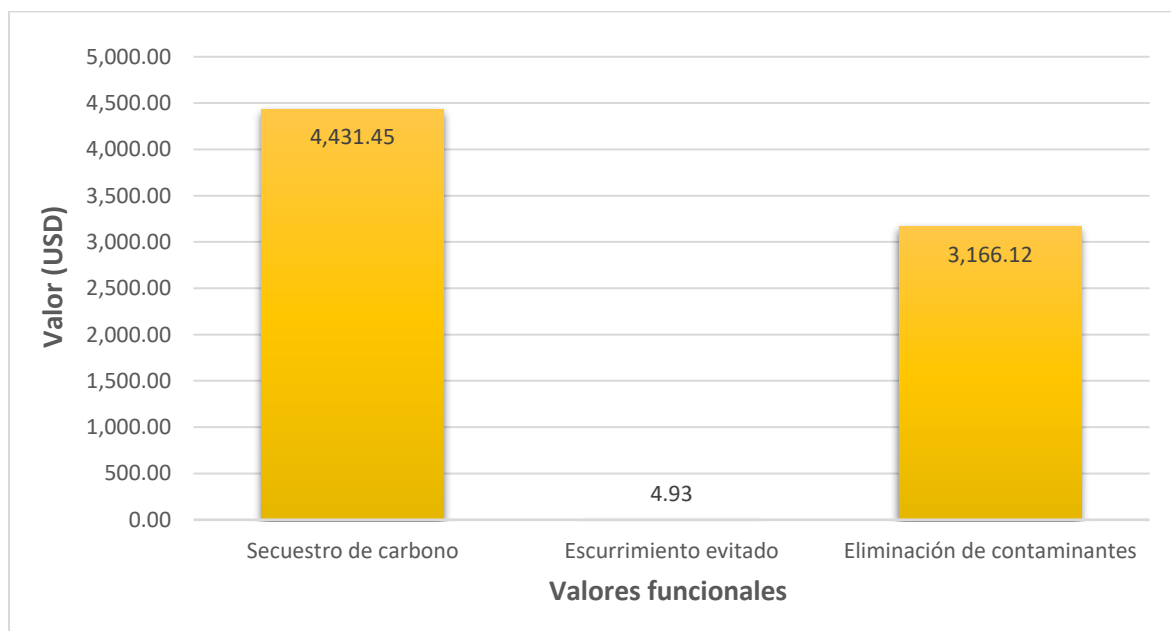


Figura 21. Valores funcionales de los árboles presentes en la zona de estudio.

Por otra parte, en la figura 22 se presentan los valores de sustitución de las 10 especies más relevantes encontradas en la zona de estudio.

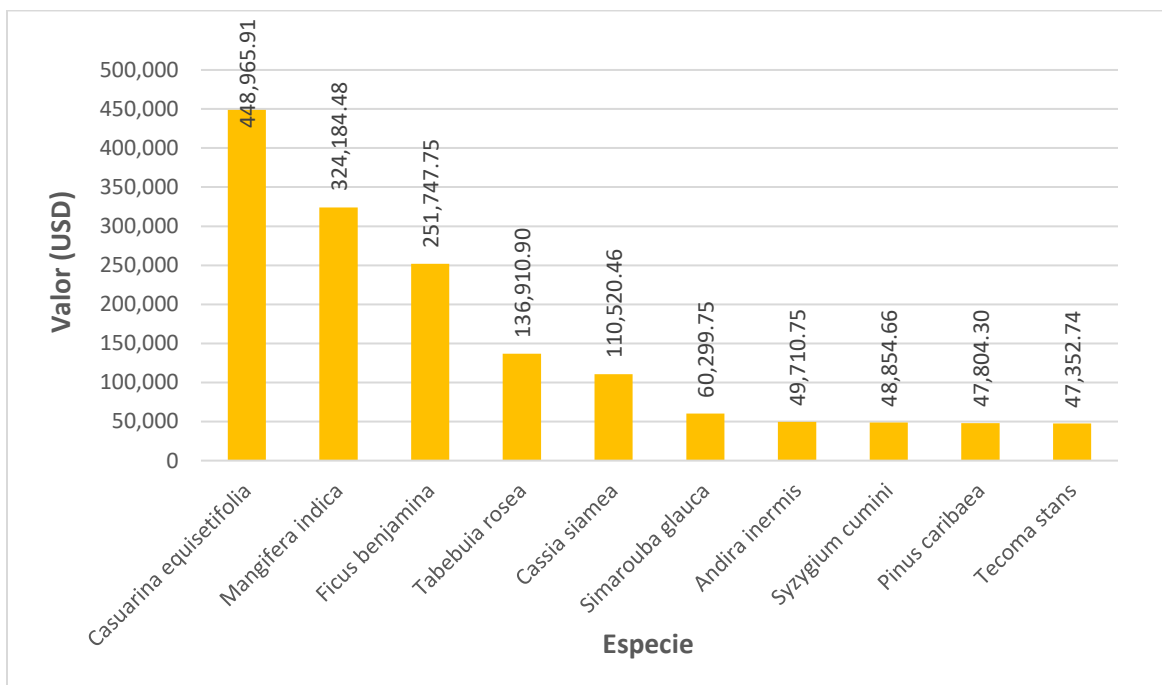


Figura 22. Especies con los más altos valores de sustitución del área de estudio.

Se puede observar que *Casuarina equisetifolia* es la especie que tiene el más alto valor de sustitución (\$448,965.91). En segundo lugar, se encuentra *Mangifera indica* que tiene un valor de sustitución de \$324,184.48 seguida por *Ficus benjamina* que tiene un valor de \$251,747.75. A pesar de que estas especies no son las más abundantes en la zona de estudio, por sus características, aportan muchos beneficios ambientales, lo que les da mucho valor. Sin embargo, es importante recordar que estas 3 especies son introducidas.





También existen especies nativas muy importantes como *Tabebuia rosea* que tiene el cuarto valor más alto (\$136,910.9) con 74 árboles y en séptimo lugar se encuentra *Andira inermis* con un valor de \$49,710.75 únicamente con 15 árboles. El resto de las especies también tienen valores altos, por lo tanto, son muy importantes en la provisión de servicios ecosistémicos en su conjunto.

8.9. Fauna del Sector Centro Urbano Libertad

En el cuadro 5 se puede observar las especies identificadas que forman parte de la fauna del Sector Centro Urbano Libertad. Estas especies fueron identificadas por observación

directa y sonidos propios de cada especie. Se registraron 39 especies en total de las cuales 34 son aves, 3 mamíferos, 1 reptil y 1 marsupial.

Cuadro 5. Fauna encontrada en el Sector Centro Urbano Libertad.

| Nombre científico | Nombre Común | Fotografía |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| AVES | | |
| <i>Amazilia rutila</i> | Colibrí canelo |  |
| <i>Amazona auropalliata</i> | Lora nuca amarilla |  |
| <i>Brotogeris jugularis</i> | Catalnica (Perico alas amarillas) |  |
| <i>Buteo plagiatus</i> | Gavilán gris |  |

Cathartes aura

Zope cabeza roja



Ciccaba virgata

Búho café (Pájaro león)



Colaptes rubiginosus

Carpintero olivo



Columba livia

Paloma doméstica



Columbina inca

Tortolita cola larga



Columbina talpacoti

Tortolita canela



Coragyps atratus

Zope común



Dives dives

Tordo cantor



Eumomota superciliosa

Torogoz



Euphonia affinis

Eufonia garganta negra



Euphonia hirundinacea

Eufonia garganta amarilla



Eupsittula canicularis

Chocoyo (Perico frente naranja)



Glaucidium brasilianum

Aurorita



Icterus gularis

Chiltota



Melanerpes aurifrons

Cheje



Molothrus aeneus

Tordo ojos rojos



Momotus lessonii

Talapo



Myiozetetes similis

Chío



Patagioenas flavirostris

Paloma morada



Pitangus sulphuratus

Cristofué



Psittacara strenuus

Pericón verde



Pteroglossus torquatus

Tucán pico de navaja



Quiscalus mexicanus

Clarinero



Rupornis magnirostris

Gavilán pollero



Saltator grandis

Dichoso fui



Setophaga petechia

Chipe



*Stelgidopteryx
serripennis*

Golondrina alas aserradas



Thraupis episcopus

Azulejo alas grises



Turdus grayi

Chonte (Mirlo café)



Zenaida asiatica

Paloma ala blanca



OTROS

Artibeus jamaicensis

Muerciélago frutero



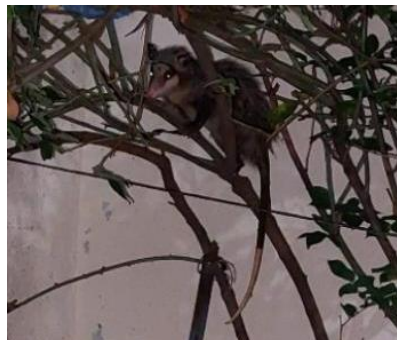
Basiliscus vittatus

Tenguereche



Didelphis marsupialis

Tacuazín



Molossus molossus

Murciélago mastín común



Sciurus variegatoides

Ardilla común



Fuente: Elaborado con base en iNaturalist 2023.

9. Conclusiones

- ✓ La composición florística del Centro Urbano Libertad está integrada en 34 familias, 56 géneros y 63 especies.
- ✓ Del total de especies encontradas, el 52% son introducidas y el 48% son nativas, el 84% son árboles, el 10% son palmeras y el 6% son arbustos.
- ✓ Las familias más numerosas en cuanto a densidad de individuos son Arecaceae (228 individuos), Anacardiaceae (123 individuos), Bignoniaceae (118 individuos), Myrtaceae (79 individuos) y Fabaceae (65 individuos).
- ✓ Las tres especies más abundantes son *Dypsis lutescens* (124 palmeras, 12,2%), *Mangifera indica* (95 árboles, 9,4%) y *Tabebuia rosea* (74 árboles, 7,3%).
- ✓ Aproximadamente el 80% de los individuos del área de estudio, se encuentran entre la segunda y cuarta clases diamétricas, es decir, de 7.6 a 45.7 cm de diámetro a la altura del pecho.
- ✓ En el Parque El Pañuelo se registró la mayor cantidad de individuos que causan interferencia con el tendido eléctrico; y en la Avenida Bolívar se registraron más individuos causando daños a las aceras.
- ✓ Especies introducidas como *Cassia siamea*, *Pinus caribaea*, *Mangifera indica*, *Dypsis lutescens* y *Ficus benjamina* presentaron un mayor número de individuos que interfieren con el tendido eléctrico y aceras.
- ✓ Las especies que más contribuyen en la eliminación de contaminantes del aire, principalmente ozono, son *Mangifera indica*, *Casuarina equisetifolia* y *Ficus benjamina*.
- ✓ *Casuarina equisetifolia* es la especie que secuestra y almacena la mayor cantidad de carbono (34.1% del total del carbono almacenado y 30.3% de todo el carbono secuestrado).

- ✓ Los árboles presentes en ANDA producen la mayor cantidad de oxígeno. Las especies que más aportan en la producción de oxígeno son *Casuarina equisetifolia*, *Mangifera indica* y *Roystonea regia*.

- ✓ Las especies que más contribuyen a evitar el escurrimiento superficial en la zona de estudio son *Mangifera indica*, *Casuarina equisetifolia* y *Ficus benjamina*.

- ✓ La cantidad de escurrimiento evitado depende de las características morfológicas de las especies y no del número de árboles.

- ✓ El arbolado de la zona de estudio, tiene un valor de sustitución de \$2,238,579.26 dólares, que es el costo de tener que reemplazarlos por otros similares.

10. Recomendaciones

- Es preciso ejecutar obras de mantenimiento inmediato a los árboles que actualmente representan un peligro para los habitantes de la zona (árboles muertos, ramas podridas o muy largas, etc.) y evitar mayores daños a estructuras públicas y privadas.
- Realizar campañas para informar a la población sobre especies (en especial, nativas) que sean adecuadas para establecerse como parte del arbolado urbano y así incrementar la diversidad de especies propias de la zona y mejorar la estructura del arbolado.
- Se deben incrementar los programas de educación ambiental y verificar la asimilación de la información adquirida para concientizar a las personas sobre la importancia de cuidar y mantener en las mejores condiciones los árboles para un mejor aprovechamiento de los servicios que ofrecen y al mismo tiempo evitar que sean un peligro para las personas o que causen daños a las viviendas, aceras o tendido eléctrico.
- Se debe continuar desarrollando investigaciones, de este tipo, en la zona metropolitana de San Salvador, para aportar elementos técnicos que sustenten las intervenciones que puedan desarrollarse en el marco del plan de manejo de la OPAMSS.
- Se recomienda utilizar estos resultados para actualizar el Catálogo de COAMSS/OPAMSS y crear nuevas estrategias que garanticen el establecimiento y manejo adecuado de especies que sean aptas para zonas urbanas y que brinden mayores beneficios sin poner en riesgo la seguridad de los habitantes.

11. Bibliografía

- Abdollahi, K; Ning, Z y Appeaning, A. 2000. Global climate change and the urban forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press. 77 p.
- Aguilar, K; Cruz, M y Salmerón, N. 2021. Caracterización, servicios ecosistémicos del arbolado y lineamientos generales para la arborización en aceras de la ciudad de San Salvador. (en línea). Consultado 15 jun. 2023. Disponible en https://winegogh.es/wp-content/uploads/2022/04/CARACT_1.pdf
- Asociación Ecología y Educación para una Ciudad Sostenible – Transitando. 2019. Evaluación de los servicios ecosistémicos generados por la infraestructura verde del Campus de Fuenlabrada de la URJC. (en línea). Consultado 13 may. 2023. Disponible en https://www.urjc2030.es/gpp/wp-content/uploads/sites/6/2020/11/Evaluacion_Ecosistema_InformeResultados_URJC_02122019.pdf
- Broecker, W. 1970. Man's oxygen reserve. *Science* 168(3939):1537-1538.
- Burgos, F. 2021. La cantidad de oxígeno que produce un árbol y otras curiosidades. (en línea). Consultado 7 may. 2023. Disponible en <https://okdiario.com/curiosidades/cuanto-oxigeno-produce-arbol-2365661>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). 2017. Especialistas destacan la importancia de los servicios ecosistémicos para el desarrollo sostenible de la región. (en línea). Consultado 15 jun. 2023. Disponible en <https://www.cepal.org/es/noticias/especialistas-destacan-la-importancia-servicios-ecosistemicos-desarrollo-sostenible-la#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Evaluaci%C3%B3n,personas%20obtienen%20de%20los%20ecosistemas%E2%80%9D>.
- COAMSS/OPAMSS (Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador/Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador). 2020. Catálogo para la selección de especies arbóreas y vegetativas. 89 p.
- González, C. 2022. Beneficios del Arbolado Urbano. (en línea). Consultado 28 may. 2023. Disponible en

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios%20del%20arbolado%20urbano.pdf>

Hirabayashi, S. 2012. i-Tree Eco Precipitation Interception Model Descriptions, http://www.itreetools.org/eco/resources/iTree_Eco_Precipitation_Interception_Model_Descriptions_V1_2.pdf

iNaturalist. 2023. Naturalista. (en línea). Consultado 26 may. 2023. Disponible en inaturalist.org/places/san-salvador-sv

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 26 may. 2023. Disponible en <https://www.transparencia.gob.sv/>

Murillo, M. 2010. El escurrimiento superficial: métodos para su estimación y conservación de suelos. (en línea). Consultado 11 may. 2023. Disponible en <https://fundacionvalles.org/wp-content/uploads/2019/09/Escurrecimiento-Superficial.pdf>

Norman, C y Kreye, M. 2022. Cómo los bosques almacenan el carbono. (en línea). Consultado 11 may. 2023. Disponible en <https://extension.psu.edu/como-los-bosques-almacenan-el-carbono>

Nowak, D y Dwyer, J. 2000. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser, John, ed. Handbook of urban and community forestry in the northeast. New York, NY: Kluwer Academics/Plenum: 11-22 p.

Nowak, D; Crane, D y Dwyer, J. 2002a. Compensatory value of urban trees in the United States. *Journal of Arboriculture* 28(4):194-99.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1996. Ecología y enseñanza rural. (en línea). Consultado 7 may. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo. En línea. Consultado 11 may. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s00.htm#Contents>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. Agronoticias: Los bosques mundiales poseen la clave para estabilizar el clima. (en línea). Consultado 7 may. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/489685/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2023. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. (en línea). Consultado 4 may. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/es/>

Szumacher, I y Malinowska, E. 2013. Servicios ecosistémicos urbanos según el modelo de Varsovia. Revista del CESLA (16):81-108



Figura A-2. Toma de diámetro a la altura del pecho y de altura.



Figura A-3. Toma de coordenadas geográficas y de ancho de copa.



Figura A-4. Ardilla y Torogoz encontrados durante la fase de campo.



Figura A-5. Paloma doméstica y tortolita encontradas durante la fase de campo.



Figura A-6. Gavilán pollero y Clarinero encontrados durante la fase de campo.



Figura A-7. Tucán pico de navaja y Talapo encontrados durante la fase de campo.

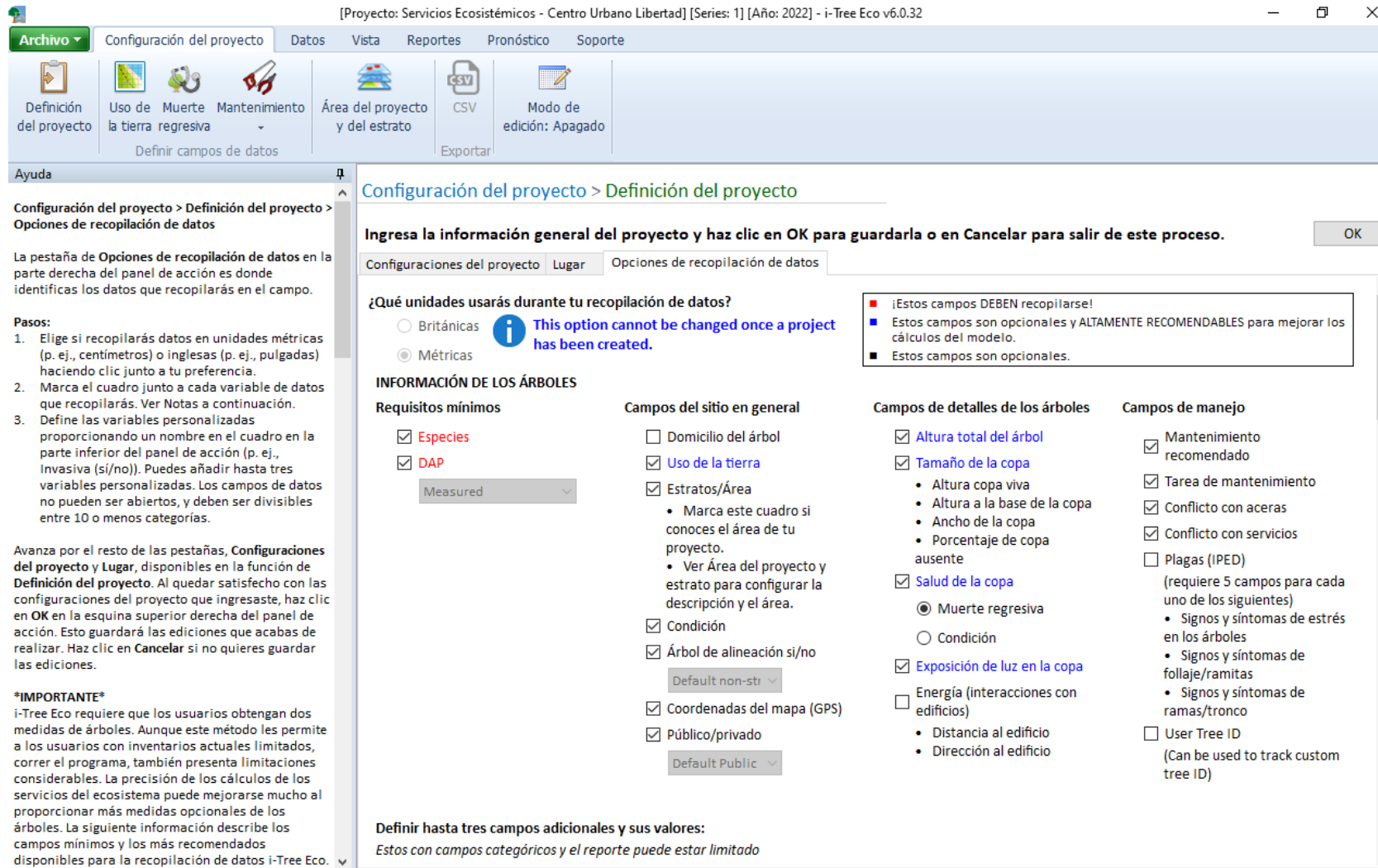


Figura A-8. Creación del proyecto en la herramienta I-Tree Eco®.

[Proyecto: Servicios Ecosistémicos - Centro Urbano Libertad] [Series: 1] [Año: 2022] - i-Tree Eco v6.0.32

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

La tabla de Árboles en la parte derecha del panel de acción muestra los datos de los árboles recopilados en el campo (ver Notas a continuación). Aquí es donde ingresas los datos de los árboles de forma manual o editas los datos previamente añadidos o importados. Al trabajar con esta tabla, puedes usar las herramientas en el grupo de **Acciones** como ayuda en la captura manual de datos nuevos o en la edición de datos ya añadidos.

¿Tienes un inventario actual? La función de **Importar** te permite importar tus datos del inventario de árboles actual. Ver los pasos a continuación para importar tu inventario actual.

Pasos para añadir/editar datos manualmente:

1. Clic en el cuadro donde deseas ingresar los datos y empezar a teclear.
2. Usa la tecla de tabulador en tu teclado o las flechas a la izquierda y a la derecha para moverte de un lado a otro en un registro.
3. Usa las flechas hacia arriba y hacia abajo de tu teclado para moverte de arriba a abajo entre los registros.
4. Para los cuadros que contienen listas desplegables, puedes elegir tus datos de la lista o empezar a teclear y la etiqueta correspondiente aparecerá automáticamente.
5. Para los cuadros donde se ingresan fechas, aparecerá un calendario desplegable si haces clic en el icono de calendario del lado derecho de la celda. Selecciona la fecha del calendario. Haz clic en el encabezado en la parte superior del calendario desplegable para ver otros meses disponibles. Haz clic en el encabezado para ver años adicionales disponibles.

Pasos para usar las herramientas de Acciones:

1. Al hacer clic en la función de Árboles, el grupo de

| ID | Estratos | Brigada | Fecha de monitoreo | Condición | Especies | Uso de la tierra | Foto ID | DAP 1 (cm) |
|----|----------|---------|--------------------|-------------|--|------------------|---------|------------|
| 1 | ANDA | | | Desconocido | Caribbean pine (Pinus caribaea) | Institutional | | 36,7 |
| 2 | ANDA | | | Desconocido | Caribbean pine (Pinus caribaea) | Institutional | | 35,0 |
| 3 | ANDA | | | Desconocido | Caribbean pine (Pinus caribaea) | Institutional | | 33,9 |
| 4 | ANDA | | | Desconocido | Indian Almond (Terminalia catappa) | Institutional | | 19,8 |
| 5 | ANDA | | | Desconocido | Guayaba (Psidium guajava) | Institutional | | 11,3 |
| 6 | ANDA | | | Desconocido | Trumpet tree (Cecropia obtusifolia) | Institutional | | 22,2 |
| 7 | ANDA | | | Desconocido | Chalta (Dillenia indica) | Institutional | | 20,9 |
| 8 | ANDA | | | Desconocido | Palma amarilla (Dypsis lutescens) | Institutional | | 9,3 |
| 9 | ANDA | | | Desconocido | Chalta (Dillenia indica) | Institutional | | 29,3 |
| 10 | ANDA | | | Desconocido | Maranon (Anacardium occidentale) | Institutional | | 7,3 |
| 11 | ANDA | | | Desconocido | Palma amarilla (Dypsis lutescens) | Institutional | | 9,5 |
| 12 | ANDA | | | Desconocido | Chalta (Dillenia indica) | Institutional | | 15,3 |
| 13 | ANDA | | | Desconocido | Palma amarilla (Dypsis lutescens) | Institutional | | 9,1 |
| 14 | ANDA | | | Desconocido | Mango (Mangifera indica) | Institutional | | 40,5 |
| 15 | ANDA | | | Desconocido | Chalta (Dillenia indica) | Institutional | | 20,7 |
| 16 | ANDA | | | Desconocido | Chalta (Dillenia indica) | Institutional | | 22,5 |
| 17 | ANDA | | | Desconocido | Mango (Mangifera indica) | Institutional | | 31,3 |
| 18 | ANDA | | | Desconocido | Palma amarilla (Dypsis lutescens) | Institutional | | 10,1 |
| 19 | ANDA | | | Desconocido | Caribbean pine (Pinus caribaea) | Institutional | | 38,1 |
| 20 | ANDA | | | Desconocido | Palma amarilla (Dypsis lutescens) | Institutional | | 12,1 |
| 21 | ANDA | | | Desconocido | Palma amarilla (Dypsis lutescens) | Institutional | | 8,0 |
| 22 | ANDA | | | Desconocido | Calistemo rojo (Callistemon speciosus) | Institutional | | 24,3 |
| 23 | ANDA | | | Desconocido | Caribbean pine (Pinus caribaea) | Institutional | | 43,2 |
| 24 | ANDA | | | Desconocido | Chalta (Dillenia indica) | Institutional | | 26,7 |

Figura A-9. Incorporación de los datos en el programa I-Tree Eco®.



Figura A-10. Árboles en el Parque El Pañuelo que presentan conflicto con el tendido eléctrico.



Figura A-11. Árboles en el Parque El Pañuelo que presentan conflicto con pasos peatonales.






Figura A-12. Árboles en Avenida Bolívar que presentan conflicto con el tendido eléctrico.



Figura A-13. Árboles en la Avenida Bolívar que presentan conflicto con aceras.





**Mapa del arbolado
del Centro Urbano
Libertad**



Área de estudio
● Árboles


Elaborado por:

Diana Iris Gómez
Sánchez

Figura A-14. Mapa del arbolado registrado en el Polígono Centro Urbano Libertad.





**COAMSS
OPAMSS**

Mapa de árboles en
conflicto con
aceras

Área de estudio

● Conflicto con aceras



Elaborado por:

Diana Iris Gómez
Sánchez

Figura A-15. Mapa del arbolado registrado en conflicto con las aceras.



Mapa de conflicto
con tendido
eléctrico

 Área de estudio
 Conflicto con tendido eléctrico

Elaborado por:

Diana Iris Gómez
Sánchez

Figura A-16. Mapa del arbolado registrado en conflicto con el tendido eléctrico.