

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Informe Final de Pasantía Profesional:

**“Composición, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado
en el Parque Infantil, mediante el software i-Tree Eco®”**

Por:

Br. Edith Margoth Hernández Valdez

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 Parque Infantil, mediante el software i-Tree Eco®”**

Por:

Br. Edith Margoth Hernández Valdez

Requisito para optar al título de:

Ingeniero Agrónomo

Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector:

Ing. Agr. Juan Rosa Quintanilla

Secretario general:

Lic. Pedro Rosalio Escobar Castaneda

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

Decano:

MAECE. Nelson Bernabé Granados

Secretario:

Ing. M. Sc. Edgar Geovany Reyes

Jefe del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Ing. Agr. MSc. José Mauricio Tejada Asensio

Docente Asesor

Ing. Agr. Rigoberto Antonio Urías Fernández

Asesora Externo

Ing. Ingrid Altagracia Alfaro

Tribunal Evaluador

Ing. Agr. Rigoberto Antonio Urías Fernández

Lic. Daniel de Jesús Palacios

Ing. Agr. MSc. José Mauricio Tejada Asensio

Coordinador de procesos de graduación del departamento

Ing. Agr. Juan Gerardo Marroquín Reina

Índice

Resumen.....	vii
1 Introducción	1
2 Información de la unidad productiva	2
2.1 Datos generales.....	2
2.1.1 Localización	2
2.1.2 Antecedentes.....	2
2.2 Recursos	3
2.2.1 Naturales	3
2.2.2 Instalaciones y equipos	3
2.2.3 Humanos	3
2.3 Actividades actuales.....	4
2.3.1 Producción principal y otras	4
2.3.2 Situación técnica	4
2.3.3 Situación administrativa	4
3 Análisis de la problemática en sector.....	4
4 Metodología	4
4.1 Descripción general del área	4
4.2 Fase de campo	5
4.2.1 Equipo e instrumentos utilizados.	6
4.2.2 Metodología de campo.	7
4.3 Fase de procesamiento de la información.....	8
4.4 Fase de análisis de los datos y elaboración de informe.....	9
5 Resultados y discusión.....	9
5.1 Composición florística	9

5.1.1 Comportamiento de especies arbóreas, palmeras y arbustivas.....	12
5.2 Estructura del bosque urbano	13
5.3 Conflicto con aceras.....	14
5.4 Conflicto con tendido eléctrico y con cables de telefonía.....	14
5.5 Eliminación de la contaminación.	16
5.5.1 Eliminación de contaminantes por especie	17
5.6 Secuestro y almacenamiento de carbono	19
5.7 Producción de oxígeno.	21
5.8 Escurrimiento evitado	22
5.9 Valores estructurales de (sustitución) y funcionales.....	23
5.10 Fauna del parque infantil.....	26
6 Conclusiones.....	33
7 Recomendaciones	34
8 Bibliografía.....	35
9 Anexos	37

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Composición florística encontrada en el parque infantil de diversiones.....	10
Cuadro 2. Especies que presentan conflicto con tendido eléctrico	15
Cuadro 3. Especies presentes y sin conflictos.	15
Cuadro 4. Fauna encontrada en el parque infantil.....	26

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de las instalaciones de la OPAMSS/COAMSS.	2
Figura 2. Ubicación del Parque Infantil de Diversiones.	5

Figura 3. Recorrido general por el parque infantil.	6
Figura 4. Equipo utilizado para el levantamiento de datos en campo (hipsómetro láser, cinta diamétrica, GPS y cinta métrica.).....	7
Figura 5. Distribución de la población de árboles por clase diamétrica.	14
Figura 6. Porcentaje de árboles que presentan conflicto con tendido eléctrico y cables de telefonía.....	16
Figura 7. Contaminantes eliminados por año y su equivalente en dólares.	17
Figura 8. Eliminación de contaminación en kilogramos por año según especies.	18
Figura 9. Eliminación de contaminación en dólares por año según especie.....	18
Figura 10. Secuestro de carbono y su valor asociado de las principales especies.	19
Figura 11. Almacenamiento de carbono y su valor asociado de las diversas especies.	20
Figura 12. Principales especies productoras de oxígeno.....	21
Figura 13. Ecurrimiento evitado por especie y su valor asociado.	23
Figura 14. Valores de sustitución (estructurales) de los árboles del Parque Infantil.	24
Figura 15. Valores funcionales de los árboles presentes en la zona de estudio.	24
Figura 16. Especies con los valores de sustitución más altos de la zona de estudio.....	25

Índices para anexos

Figura A-1. Formulario de I-Tree Eco® para el levantamiento de datos en campo.	37
Figura A-2. Toma de diámetro a la altura del pecho y de altura.	38
Figura A-3. Toma de coordenadas geográficas y registro de datos	39

Figura A-4. Arboles del parque infantil que presentan conflictos con el tendido eléctrico.	40
Figura A-5. Arboles del parque infantil que presentan conflictos con el tendido eléctrico.	41
Figura A-6. Zanate y Talapo parte de fauna encontrada en el parque.	42
Figura A-7. Tortolita y chiltota fauna encontrada en el parque.....	42
Figura A-8. Chocoyo y torogoz fauna encontrada en el parque.	43
Figura A-9. Catalnica y colibrí canela fauna encontrada en el parque.	43
Figura A-10. Verificación de especies con botánico y tutor interno.....	44
Figura A-11. Creación del proyecto en la herramienta I-Tree Eco®	45
Figura A-12. Incorporación de los datos en el programa I-Tree Eco®	46
Figura A-13. Mapa del arbolado registrado en el parque infantil.	47
Figura A-14. Mapa del arbolado registrado en conflicto con el tendido eléctrico.....	48

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, desde junio del año 2023 hasta diciembre del año 2023. El área de estudio definida fue el Parque Infantil de Diversiones, ubicado en el municipio de San Salvador, con coordenadas geográficas 13°70'37"N y 89°19'38"W, este parque tiene un área de 4.2 hectáreas y es conocido como el pulmoncito del gran San Salvador.

En base al estudio realizado se elaboró un inventario de las especies arbóreas y se determinaron los servicios ecosistémicos que son generados por parte de las especies que conforman el bosque urbano, se tomaron los siguientes parámetros para la toma de datos de cada una de las especies, el árbol debía tener un diámetro igual o mayor a 5cm, toma de diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, ancho de copa, copa faltante, entre otros parámetros. Se incluyó información de conflictos de acera, conflicto con tendido eléctrico y la fauna encontrada en la zona de estudio. La herramienta que se utilizó para la determinación de los Servicios Ecosistémicos fue 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.

En el área de estudio se encontraron un total de 1,060 individuos, desglosados en 40 familias, 95 géneros y 112 especies, el 50% son especies nativas y el 49.72% especies introducidas, el 87.06% son árboles, el 11.61% son palmeras y el 1.32% son arbustos. La especie más abundante es *Mangifera indica* (101 individuos), no se registró conflicto con aceras y con alumbrado eléctrico la especie más repetitiva en conflicto fue *Roystonea regia*. En cuanto a la eliminación en el bosque urbano se estima 343.7 kg/año de contaminación de aire, secuestra 21.76 tm/año de carbono con un valor de \$4,693.51, produce 58.04 tm/año de oxígeno, reduce 1,101.27 m³ de escurrimiento por año con un valor de \$2,892.24 y tiene un valor de sustitución de \$1,951,415.

1 Introducción

El bosque urbano está compuesto por una amplia variedad de árboles y pueden encontrarse dentro de la ciudad, proporcionando 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 estas zonas, debido a esto, es importante proteger y fomentar el arbolado urbano en las ciudades para mantener y disfrutar de todos estos beneficios.

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).

Es útil y necesario contar con un inventario y caracterización de las especies arbóreas que se encuentran dentro del bosque urbano, para poder conocer los beneficios que están aportando a la sociedad, así como asignarles un valor monetario a todos los servicios que generan, 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 o es dañado por desastres naturales.

El objetivo de la investigación fue determinar la composición, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en el Parque Infantil De Diversiones ubicado en el municipio de San Salvador. Esta investigación será de gran importancia para las instituciones pertinentes, ya que ofrece la posibilidad de conocer la cantidad árboles que se encuentran en el bosque urbano de la ciudad, su tamaño, su salud, los beneficios que aportan, así como también es útil para 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, cabe mencionar que no se cuentan con antecedentes de investigaciones de este tipo dentro de las instalaciones del parque, tomando en cuenta esto, se genera nueva información detallada del bosque que se podrá utilizar para futuros proyectos e investigaciones por parte de las instituciones correspondientes, con el fin de mantener y aumentar los beneficios que son generados por medio del arbolado

2 Información de la unidad productiva

2.1 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.

2.1.1 Localización



Figura 1. Ubicación de las instalaciones de la OPAMSS/COAMSS.

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.

2.1.2 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.

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.

2.2 Recursos

2.2.1 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.

2.2.2 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.

2.2.3 Humanos

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

2.3 Actividades actuales

2.3.1 Producción principal y otras

La OPAMSS trabaja en la Política Metropolitana de espacios públicos y plan inicial de adaptación al cambio climático, dentro del cual se encuentran integrados los parques, formando alianzas con instituciones de estudio para obtener la información necesaria y detallada, para ejecutar de la mejor manera futuros proyectos.

2.3.2 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.

2.3.3 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.

3 Análisis de la problemática en sector

Cada árbol necesita un manejo diferente, ya que cada uno de ellos presentan características morfológicas diferentes, es necesario enfocarnos en la cultura de conocer el estado de los mismos, con el fin de proporcionar una adecuada gestión del arbolado en los bosques urbanos. Por tanto, 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 llevar a cabo la metodología levantamiento de información en campo, en los parques priorizados para aplicar los resultados obtenidos en la planificación misma del territorio.

4 Metodología

4.1 Descripción general del área

El proyecto se desarrolló en el Parque Infantil, ubicado entre la Alameda Juan Pablo II y 5ta avenida, contiguo a Instituto Nacional de los Deportes (INDES) en el municipio de San departamento de San Salvador (Figura 2), con coordenadas geográficas 13°70'37"N y 89°19'38"W donde se hará un levantamiento de datos del arbolado, en un área aproximada de 4.2 ha, a una elevación de 658 msnm,

precipitación media anual de 1800 mm, temperatura anual entre los 22° y 27 °C y humedad relativa de 83%. El área total del parque es de 4.2 hectáreas, dentro de las instalaciones de este, hay edificios, áreas recreativas y educativas, comedores, vivero y una diversidad muy amplia de especies arbóreas.



Figura 2. Ubicación del Parque Infantil de Diversiones.

4.2 Fase de campo

Esta fase se llevó a cabo entre los meses de junio a diciembre de 2023, iniciando con una reunión general con el asesor interno para dar a conocer los aspectos generales del proyecto y definir las estrategias de apoyo con el técnico responsable del proyecto.

Posteriormente, se realizaron las gestiones necesarias para ingresar a las Instalaciones del parque infantil de diversiones y efectuar el recorrido general por la zona de estudio para definir las estrategias de trabajo durante la fase de campo (Figura 3). Se contó con el apoyo de ambos asesores y del director del parque infantil de diversiones.



Figura 3. Recorrido general por el parque infantil.

4.2.1 Equipo e instrumentos utilizados.

Los instrumentos y equipos utilizados durante el levantamiento de información de los datos en campo se describen y se muestran a continuación (Figura 4).

- **Hipsómetro laser.**

El telémetro/hipsómetro de precisión proporciona mediciones precisas de rango, altura y ángulo, es de los más precisos para el sector de silvicultura por su capacidad de medición de tres puntos, la que permite capturar toda la altura de un árbol incluso cuando la base o la copa están tapadas por otros árboles o arbustos. Su fácil manejo permite medir la distancia real. (Spena Group 2018)

- **GPS.**

La herramienta utilizada para la toma de las coordenadas fue un receptor GPS y GLONASS portátil digital, el cual tiene múltiples sensores integrados y un receptor GPS ideal para una amplia gama de aplicaciones desde agricultura, silvicultura y en particular ideal para georreferenciar la posición de las unidades de estudio con una alta precisión.

- **Cinta métrica.**

Este equipo está fabricado con fibra de vidrio con una relación de guardado rápido de 3:1. Con las unidades de medición en metros, centímetros y pulgadas. La utilizada para el levantamiento de datos

tenía una capacidad de 30 metros, lo cual fue muy útil para medir los anchos de copa en especies de gran tamaño.

- **Cinta diamétrica.**

Es una herramienta que nos ayuda a estimar el diámetro de un árbol, usualmente, la cinta viene graduada por uno de sus lados en metros y centímetros, el mismo que nos va a permitir medir el largo de la línea que une un punto a otro, y por el otro lado una escala que nos va a indicar la medida del diámetro de un árbol, dicha escala está construida tomando en cuenta la relación geométrica entre perímetro y diámetro de un círculo. (Guadalupe O et al 2017)



Figura 4. Equipo utilizado para el levantamiento de datos en campo (hypsómetro láser, cinta diamétrica, GPS y cinta métrica.)

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

4.2.2 Metodología de campo.

El programa I-Tree Eco® necesita de una determinada 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 de ancho, tomando el DAP a 1.30 m (Diámetro a la altura del pecho), 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 de 30m), porcentaje de muerte regresiva, porcentaje de copa ausente, copa expuesta a la luz, coordenadas geográficas (utilizando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global por sus siglas en inglés), interferencia o conflicto con aceras o pasos peatonales y con tendido eléctrico (Figura A-2 – Figura A-5).
- Registro fotográfico: utilizando la cámara del celular.

La identificación de la fauna presente en la zona de estudio se realizó de manera visual, en cada área donde se iba realizando el levantamiento forestal. Se tomaron fotografías de las especies presentes, con la ayuda de un teléfono. (Figura A-6 – Figura A-9).

La verificación de especies encontradas en la zona se llevó a cabo con la ayuda del Lic. Carlos Elías, botánico y maestro de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas junto con el docente tutor interno, identificando así cada una de las 1,060 especies con su respectivo nombre común y nombre científico. (Figura A-10).

4.3 Fase de procesamiento de la 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-11).
- Elaboración de base de datos en Excel (2023): 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-12).
- 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.

4.4 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.

5 Resultados y discusión

5.1 Composición florística

La composición florística del parque Infantil está integrada por 1,060 individuos encontrados en la zona de estudio la cual fue (de 4.2 ha) (Figura A-13). De las especies encontradas dentro del parque el 87.06% son árboles, el 11.61% son palmeras y el 1.32% son arbustos que están comprendidos en 40 familias, 95 géneros y 112 especies, los cuales se muestran en el cuadro 1. El 50.28% de dichas especies, son nativas (N) y el 49.72% de las especies son introducidas (I).

Dentro del parque Infantil existe una diversidad muy alta, tomando en cuenta que la riqueza específica es de 112 especies, y 95 géneros diferentes distribuidos en 40 familias botánicas. Estos valores se pueden considerar similares si se comparan con los obtenidos por (Castaneda Aparicio, 2023), en un estudio realizado en diferentes partes de la ciudad de San Salvador, en el cual se evaluaron las especies arbóreas y arbustivas, donde se encontraron 39 familias, 94 especies y 83 géneros, pero en un área mucho mayor que la de esta investigación, ya que el área de estudio fue solamente de 4.2 ha.

Cuadro 1. Composición florística encontrada en el parque infantil de diversiones.

Familia	NC	N común	Núm. de individuos	Origen
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	5	I
	<i>Astronium graveolens</i>	Ron ron	1	N
	<i>Mangifera indica</i>	Mango	101	I
	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Pimientillo	1	I
	<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	5	N
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	Guanaba	5	N
	<i>Annona reticulata</i>	Anona	1	N
	<i>Cananga odorata</i>	Ilán-ilán	1	I
	<i>Guatteria anomala</i>	palo de zope	1	N
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana litoralis</i>	Huevo de gato	3	N
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de león	22	N
Araucariaceae	<i>Araucaria araucana</i>	Araucaria	1	I
	<i>Caryota aurens</i>	Espina de pescado	2	I
Arecaceae	<i>Brahea salvadorensis</i>	Palmera de sombrero	19	N
	<i>Cocos nucifera</i>	Coco	6	N
	<i>Dypsis lutescens</i>	Palmera areca	4	I
	<i>Hyphaene thebaica</i>	Palmera egipcia	11	I
	<i>Odonidia merrillii</i>	Palmera miami	11	I
	<i>Phoenix roebelenii</i>	Palmera pigmea	6	I
	<i>Roystonea regia</i>	Palmera real	64	I
Asparagaceae	<i>Cordyline terminalis</i>	Plúmero	2	I
	<i>Yucca gigantea</i>	Izote	8	I
Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i>	Morro	1	N
	<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	2	I
	<i>Tabebuia donnell-smithii rose</i>	Cortez blanco	45	N
	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Cortez negro	2	N
	<i>Tabebuia rosea</i>	Maquilishuat	72	N
	<i>Tecoma stans</i>	San Andrés	5	N
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel negro	1	N
	<i>Cordia dentata</i>	Tigüilote	10	N
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Jiote	3	N
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Barillo	28	N
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Papaya	2	N
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	44	I
Chrysobalanaceae	<i>Licania retifolia</i>	Roble	10	N
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro de playa	23	N
	<i>Terminalia oblonga</i>	Volador	2	N
Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>	7 pellejos	2	I
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	1	N

Familia	NC	N común	Núm. de individuos	Origen
Dilleniaceae	<i>Dillenia indica</i>	Manzana de elefante	3	I
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Tempate	3	N
	<i>Sapium glandulosum</i>	Chilamate	2	N
Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	Almendra de río	38	N
	<i>Calliandra haematocephala</i>	Brochita	1	I
	<i>Cassia grandis</i>	Carao	1	N
	<i>Cassia siamea</i>	Flor amarilla	4	I
	<i>Delonix regia</i>	Árbol de fuego	19	I
	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilín	1	N
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste	1	N
	<i>Gliricidia sepium</i>	Madre cacao	4	N
	<i>Hymenaea courbaril</i>	Copinol	2	N
	<i>Inga laurina</i>	Pepeto	15	N
	<i>Inga paterno</i>	Paterna	2	N
	<i>Inga punctata</i>	Pepeto negro	2	N
	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i>	Chaperno	2	N
<i>Myroxylon balsamum</i>	Bálsamo	4	N	
<i>Pithecellobium dulce</i>	Mangollano	22	N	
<i>Poeppigia procera</i>	Memble	1	N	
Lamiaceae	<i>Tectona grandis</i>	Teca	13	I
Lauraceae	<i>Cinnamomum verum</i>	Canela	1	I
	<i>Persea americana</i>	Aguacate	19	N
Lythraceae	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Júpiter de java	2	I
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	3	N
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	4	N
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guázumo	4	N
	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	15	N
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	3	N
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	47	I
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i>	Árbol de pan	2	I
	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojusthe	13	N
	<i>Castilla elastica</i>	Palo de hule	9	N
	<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la india	15	I
	<i>Ficus trigonata</i>	Higo	3	N
	<i>Maclura tinctoria</i>	Palo de mora	1	
	<i>Trophis racemosa</i>	Ojusthe macho	2	N
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	1	N
Myrtaceae	<i>Callistemon speciosus</i>	Calistemo	26	I
	<i>Eucalyptus camandulensis</i>	Eucalipto	10	I
	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto de colores	14	I

Familia	NC	N común	Núm. de individuos	Origen
	<i>Myrtus communis</i>	Mirto	3	I
	<i>Pimenta dioica</i>	Pimienta gorda	9	I
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Arrayán	7	N
	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	6	N
	<i>Syzygium cumini</i>	Cerezo de Belice	18	I
	<i>Syzygium jambos</i>	Manzana rosa	4	I
	<i>Syzygium malaccense</i>	Marañón japonés	17	I
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i>	Carambola	1	I
Picidae	<i>Erythrina berteroana</i>	Pito	1	N
Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>	Pino	5	N
	<i>Pinus sylvestris</i>	Pino silvestre	7	I
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i>	Cordoncillo	4	N
Polygonaceae	<i>Coccoloba caracasana</i>	Papaturro	2	N
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i>	Quina	4	N
	<i>Hamelia patens</i>	Chichipince	3	N
	<i>Hintonia latiflora</i>	Copalchi	2	N
	<i>Morinda citrifolia</i>	Noni	2	I
	<i>Simira salvadorensis</i>	Palo brasil	12	N
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>	Matazano	3	N
	<i>Citrus limon</i>	Limón	3	I
	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarina	1	I
	<i>Citrus sinensis</i>	Naranjo	2	I
Salicaceae	<i>Dovyalis hebecarpa</i>	Ketembila	2	I
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	25	I
	<i>Sapindus saponaria</i>	Pacún	3	N
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito	6	I
	<i>Licania platypus</i>	Sunza	2	N
	<i>Mammea americana</i>	Mamey	4	I
	<i>Pouteria sapota</i>	Zapote	8	N
	<i>Sideroxylon capiri</i>	Tempisque	1	N
Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Aceituno	21	N
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	4	N

Los bosques urbanos están compuestos de una mezcla de especies de árboles nativos y exóticos. En el estudio arrojado del parque infantil, hay predominancia de las especies nativas (50.28%) sobre las especies introducidas (49.72%).

5.1.1 Comportamiento de especies arbóreas, palmeras y arbustivas.

La familia con el mayor número de individuos fue Bignoniaceae (árboles) con 127 individuos y dentro de esta, *tabebuia rosea* (maquilishuat) es la dominante con 72 individuos. Esta especie es de origen nativo

en nuestro país, siendo este nuestro árbol nacional y por sus características no se usa únicamente con fines ornamentales, sino que también es utilizado en construcción de viviendas y muebles, ya que su madera es muy preciada por su color amarillo ámbar con vetas purpurinas, así como también es utilizado para artesanías y juega un papel muy importante en la medicina tradicional, finalmente este árbol ofrece un manjar para las abejas debido al néctar dulce que contiene, a las ardillas les ofrece alimento a través de sus semillas, además en sus ramas hacen nido una amplia variedad de aves, por lo que lo convierte en un árbol que proporciona más vida.

La segunda familia más numerosa es la *Arecaceae* con 121 individuos (palmeras) de los cuales 64 corresponden a *Roystonea regia* (palmera real), la cual es una especie introducida y por sus características ornamentales es una buena opción de siembra para las personas por la provisión de sombra, así como también sirve como una barrera contra el viento o de alimento para la fauna.

Las familias que le siguen en cuanto a número de individuos son las siguientes: *Fabaceae*, *Anacardiaceae* y *Myrtaceae* con 119, 113 y 75 individuos respectivamente. Dentro de las especies más destacadas de estas familias están *Andira inermis* (almendro de río) esta es una especie nativa, *Mangifera indica* (mango) siendo una especie introducida y por ser una especie frutal y que aporta sombra es una excelente opción de siembra en los parques, siendo esta especie la que más se encontró en el lugar de estudio y por último tenemos a la especie *Callistemon speciosus* (calistemo) esta es una especie introducida.

En cuanto a las especies arbustivas que se encontraron dentro del parque tenemos *Yucca gigantea* (yuca nacional) y *Piper aduncum* (cordoncillo) con 8 y 4 individuos respectivamente.

5.2 Estructura del bosque urbano

El bosque urbano del Parque Infantil tiene 1,060 árboles con una mayor cobertura de árboles de *Mangifera indica* con un total de (101 individuos). Las tres especies más abundantes dentro del parque son *Mangifera indica* (9.5%), *Tabebuia rosea* (6.8 %) y *Roystonea regia* (6.0%). La densidad promedio es de 252 árboles/hectárea.

La estructura del arbolado del parque infantil de diversiones, también se puede visualizar por las clases diamétricas en la figura 5. Se observa que el mayor número de individuos, aproximadamente el 75%, se encuentran entre la segunda y cuarta clase diamétrica, decir entre 7.6 y 45.7 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP); el 5% son individuos que están en las primeras fases de crecimiento, por lo que se puede decir que son árboles jóvenes, árboles con diámetros grandes se encontraron pocos dentro del área de estudio.

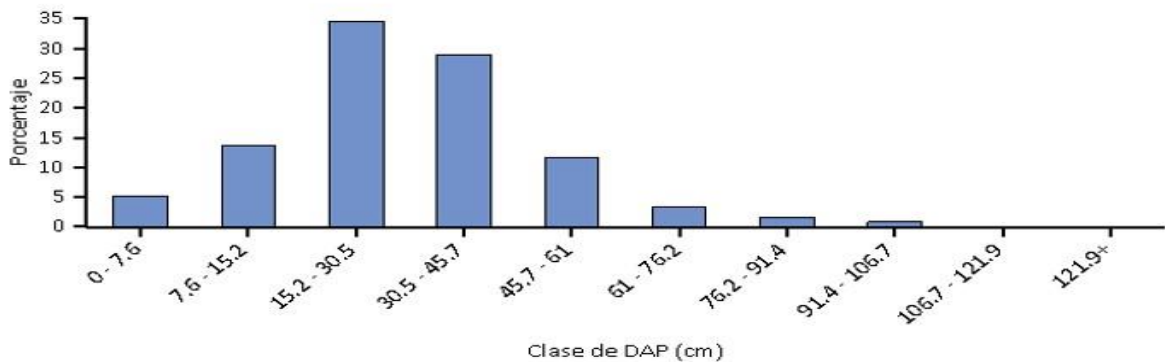


Figura 5. Distribución de la población de árboles por clase diamétrica.

5.3 Conflicto con aceras

Dentro de esta investigación se comprobó que no existe ningún tipo de conflicto con aceras, en relación con los 1,060 individuos que conforman este bosque urbano, esto debido a que cada uno de los árboles están dentro de las instalaciones del parque que está delimitado y cerrado en su totalidad, por lo que las aceras están libres totalmente. Dentro del parque los árboles tienen al menos un metro de distanciamiento con las mayas que delimitan las instalaciones del parque.

5.4 Conflicto con tendido eléctrico y con cables de telefonía.

En el parque infantil se reporta un porcentaje bajo de árboles que presentan conflicto con tendido eléctrico con un total de 22 individuos (Figura A-14), esto se debe a que dentro de las instalaciones hay 2 jardineros designados para darle el debido manejo y mantenimiento a los árboles que conforman el bosque urbano, evitando así problemas con alumbrado y cables de telefonía que pasan dentro y fuera de las instalaciones de este.

Se visualiza un total de 3 especies de las 1,060 que presentaron conflicto con tendido eléctrico las cuales fueron reportadas al director del parque, esto con el fin de evitar cualquier tipo de incidente dentro o fuera de las instalaciones de este.

Cuadro 2. Especies que presentan conflicto con tendido eléctrico

Especies	Conflicto con servicios
<i>Swietenia macrophylla</i>	Presentes y con conflicto
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Presentes y con conflicto
<i>Pithecellobium dulce</i>	Presentes y con conflicto

Con respecto a las especies presentes y sin conflicto se detallan en el siguiente cuadro, presentando la especie y el número de individuos en esta categoría son un total de 19 individuos, los cuales están contiguo a tendido eléctrico dentro de las instalaciones del parque, pero no contribuyen a ningún tipo de conflicto o peligro.

Cuadro 3. Especies presentes y sin conflictos.

Especies	Conflicto con servicios	Número de individuos
<i>Syzygium cumini</i>	Presentes y sin conflicto	1
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Presentes y sin conflicto	1
<i>Simarouba glauca</i>	presentes y sin conflicto	1
<i>Roystonea regia</i>	Presentes y sin conflicto	4
<i>Pinus oocarpa</i>	Presentes y sin conflicto	2
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Presentes y sin conflicto	1
<i>Swietenia macrophylla</i>	presentes y sin conflicto	2
<i>Pithecellobium dulce</i>	Presentes y sin conflicto	1
<i>Dendropanax arboreus</i>	Presentes y sin conflicto	2
<i>Eucalyptus deglupta</i>	Presentes y sin conflicto	1
<i>Andira inermis</i>	Presentes y sin conflicto	1
<i>Melicoccus bijugatus</i>	Presentes y sin conflicto	1
<i>Ficus obtusifolia</i>	Presentes y sin conflicto	1
Total		19

En la figura 6 se presentan en porcentaje el estudio sobre conflicto con tendido eléctrico y cables de telefonía dentro y fuera del parque infantil. Se presentarán los datos obtenidos y el pequeño porcentaje de árboles presentes y con conflicto (0.28%) y otro porcentaje que hay líneas cercanas a los individuos y se catalogan presentes y sin conflictos (1.79%), así como también los individuos que no presentan ningún tipo de conflicto (97.92%).



Figura 6. Porcentaje de árboles que presentan conflicto con tendido eléctrico y cables de telefonía.

5.5 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).

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).

La eliminación de contaminación anual efectuada por el parque infantil de diversiones se presenta en la figura 7.

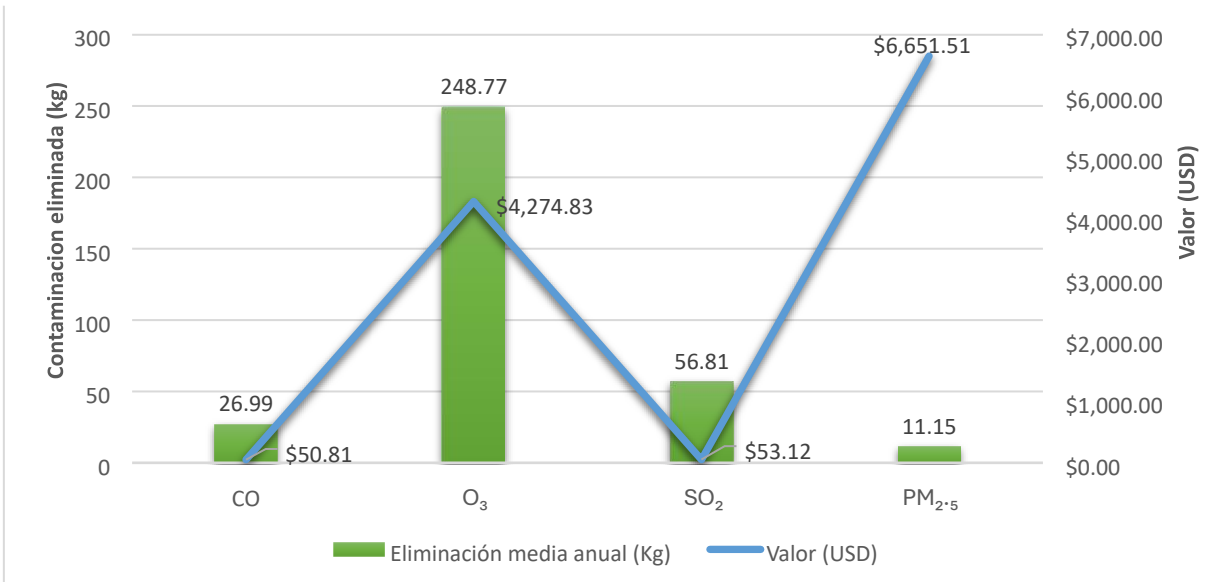


Figura 7. Contaminantes eliminados por año y su equivalente en dólares.

Se puede observar que el Ozono (fue el contaminante con mayor eliminación con 248.77 kg al año que equivalen a \$4,274.83 dólares, seguido por el dióxido de sulfuro (SO₂) con 56.81 kg al año que equivalen a \$53.12 dólares, como tercer contaminante eliminado tenemos a monóxido de carbono (CO) con 26.99 kg que equivalen a \$50.81 dólares y por último material particulado menor a 2.5 micrones (PM_{2.5}) con una eliminación de 11.15 kg al año que equivale a \$6,651.51 dólares.

Se estima que los árboles eliminaron 343.7 kg/año de la contaminación del aire (ozono (O₃), monóxido de carbono (CO₂), 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) por año con un valor asociado de \$11,300 dólares.

5.5.1 Eliminación de contaminantes por especie

La eliminación de contaminantes y su valor equivalente de las especies más representativas en el Parque Infantil De Diversiones se presentan en las figuras 8 y 9 respectivamente.

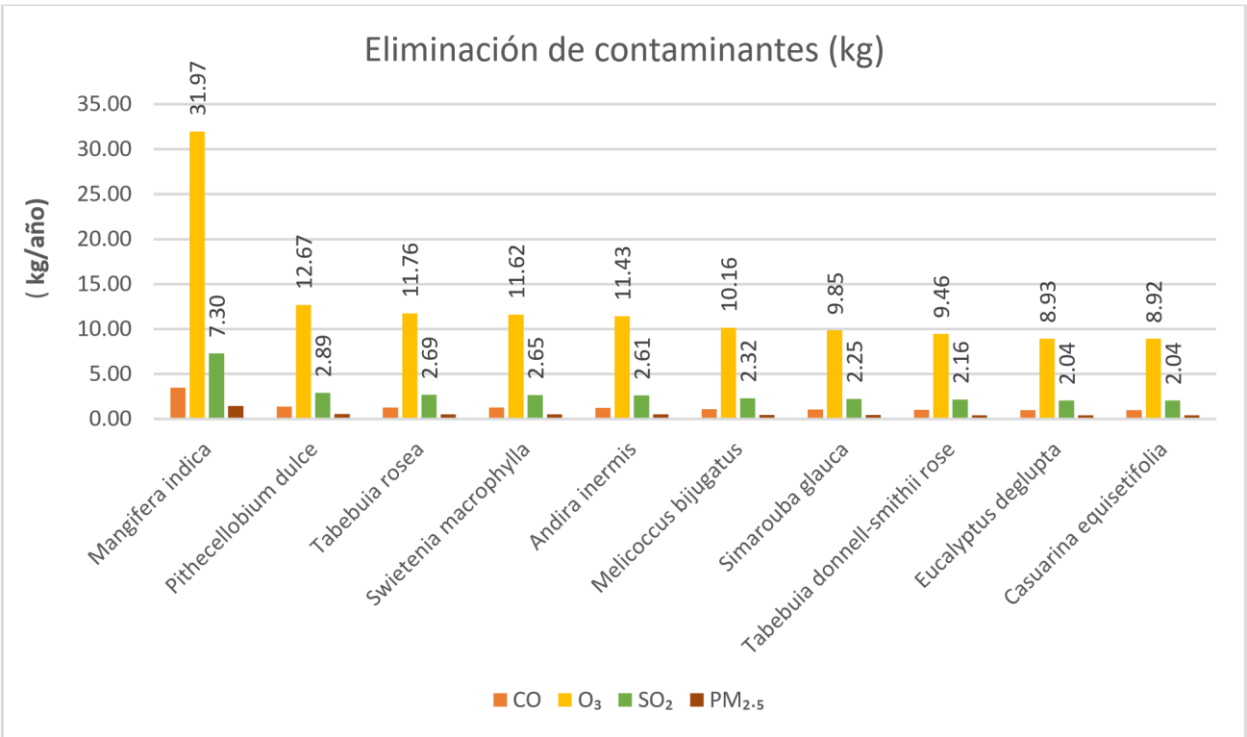


Figura 8. Eliminación de contaminación en kilogramos por año según especies.

En la figura 8 se observa que las especies que más contribuyen a la eliminación de contaminantes del aire son *Mangifera indica* que elimina 31.7 kg/año de ozono, 7.30 kg/año de dióxido de sulfuro; *Phitecellobium dulce* elimina 12.67 kg/año de ozono, 2.89 kg/año de dióxido de sulfuro; *Tabebuia rosea* elimina 11.76 kg/año de ozono, 2.69 kg/año de dióxido de sulfuro.

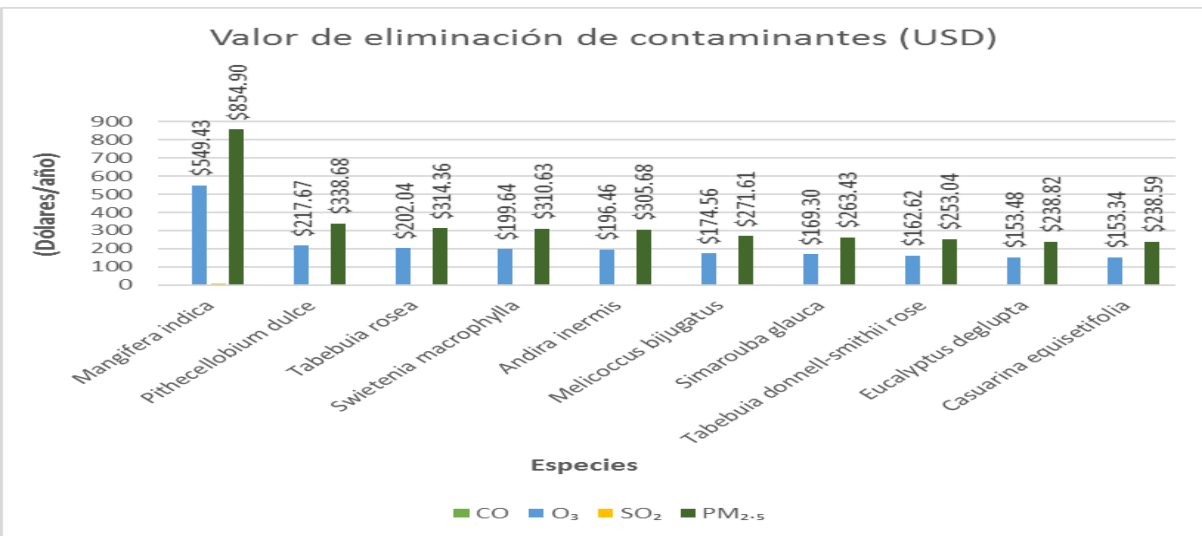


Figura 9. Eliminación de contaminación en dólares por año según especie.

En la figura 9 se representa el valor asociado a la eliminación de contaminantes, donde predomina la eliminación de material particulado suspendido en el ambiente (PM_{2.5}), donde la especie más eficiente es *Mangifera indica*, cabe mencionar que cuenta con 101 individuos dentro del parque infantil, siendo así la especie con mayor número de árboles y el valor asociado a la eliminación de dicho contaminante es de \$854.90 dólares/año así como también en la eliminación de ozono se le asigna un valor de \$549.43 dólares/año.

Posteriormente las especies las especies seguidas con un índice moderado de eliminación de material particulado suspendido en el ambiente son *Pithecellobium dulce*, *Tabebuia rosea* y *Swietenia macrophylla* y tienen un valor asociado a dicho contaminante de \$338.68, \$314.36 y \$310.63 dólares/año respectivamente.

5.6 Secuestro y almacenamiento de carbono

El cambio climático, es causado en gran medida por las emisiones de gases de efecto invernadero, ha llevado a un aumento en la temperatura global, principalmente dentro de las ciudades, así como a cambios en los patrones de precipitación. En este escenario, los árboles fungen como reservorios de carbono absorbiendo dióxido de carbono de la atmósfera y almacenándolo en su biomasa y suelos. (Martínez y Venegas, 2021)

Los bosques urbanos reducen la cantidad de carbono en la atmosfera al secuestrarlo en el nuevo crecimiento año con año. La cantidad de carbono que es secuestrado anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles que integran el bosque. El secuestro bruto del parque infantil de diversiones es de 21.76 toneladas métricas por año con un valor asociado de \$4,693.51.

En la figura 10 se presentan las principales especies del parque infantil, que tienen los valores más altos en secuestro de carbono y su valor asociado en dólares.

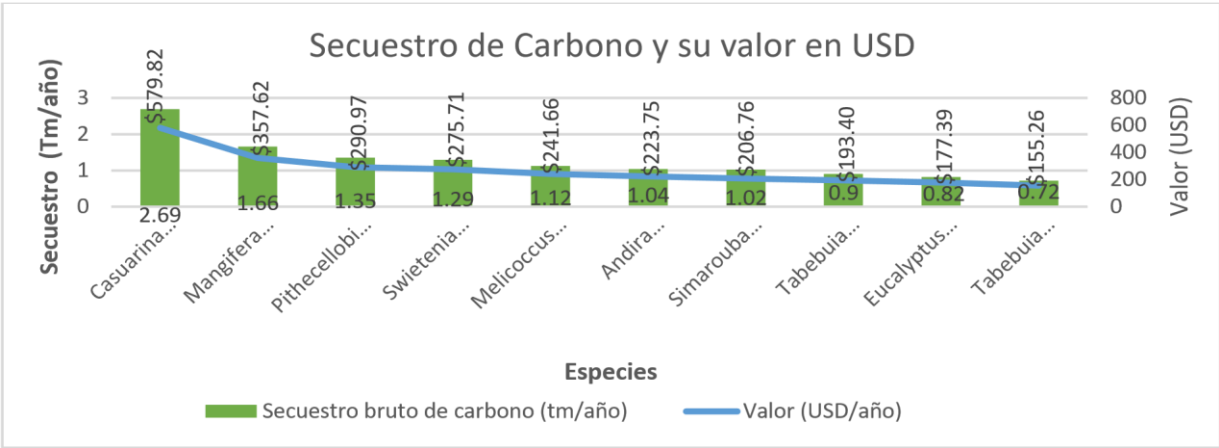


Figura 10. Secuestro de carbono y su valor asociado de las principales especies.

Se observa que el mayor secuestro de carbono lo lleva a cabo *Casuarina equisetifolia*, ya que secuestra 2.69 toneladas métricas por año de carbono con un valor de \$579.82 dólares, esta especie es la que obtiene el mayor secuestro anualmente. La segunda especie que más secuestra carbono es *Mangifera indica* con un valor de 1.66 toneladas métricas por año y con un valor monetario de \$357.62 dólares. Por otra parte, *Pithecellobium dulce*, *Swietenia macropylla* y *Melicoccus bijugatos* secuestran una cantidad similar de carbono, a pesar de tener una diferencia considerable de árboles, el secuestro de estas especies es 1.35, 1.29, y 1.12 Tm/año, respectivamente. La capacidad fotosintética de cada especie es la que determina la cantidad de secuestro de carbono en los árboles.

A partir del almacenamiento de carbono se puede atenuar el cambio climático ya de acuerdo con estudios realizados conforme crece el árbol, tiende a almacenar mayor cantidad de carbono sujetándolo a sus tejidos. Un árbol adulto puede almacenar hasta 167kg de CO₂ por año, lo que contribuye a la reducción del calentamiento global (Garret, 2022).

Se calcula que los árboles del parque infantil de diversiones almacenan un total de 496 toneladas de carbono, equivalente a \$107,102.34 dólares.

En la figura 11 se muestran las especies que más almacenan carbono dentro de la zona de estudio.

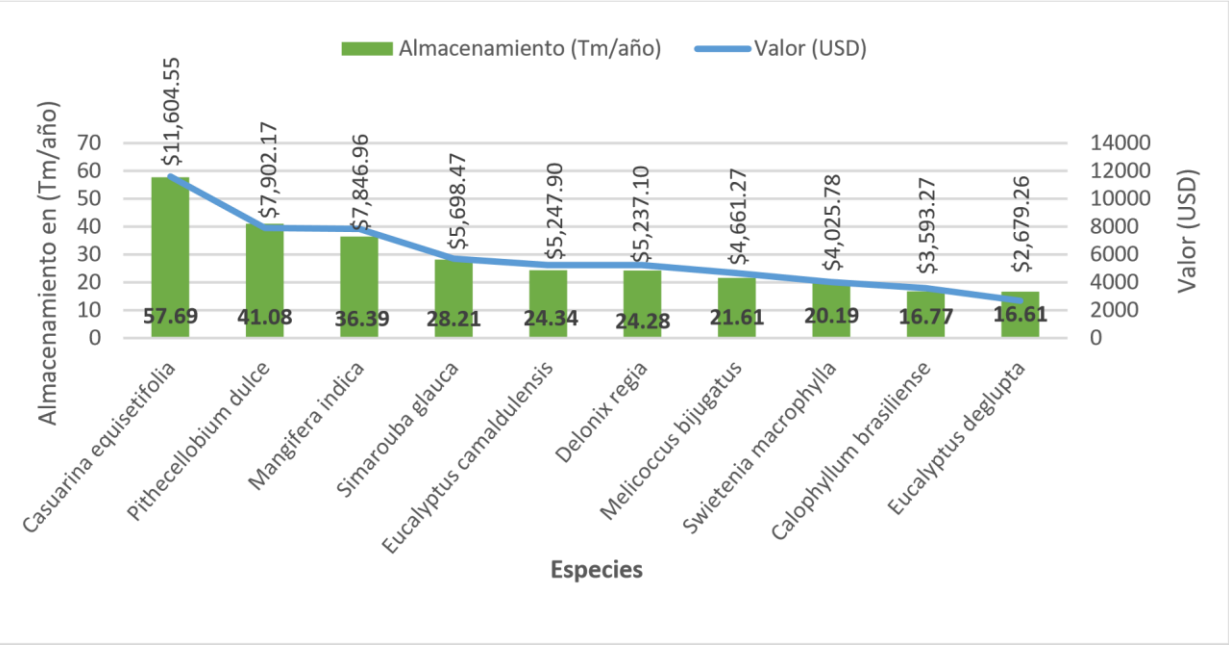


Figura 11. Almacenamiento de carbono y su valor asociado de las diversas especies.

Se observa que, de las especies en estudio, *Casuarina equisetifolia* almacena la mayor cantidad de carbono con 57.69 toneladas métricas con un valor de \$11,604.55 dólares. Esta especie es de suma

importancia ya es la que más almacena y secuestra carbono, esto se debe a que los individuos son árboles maduros, de gran tamaño y en su mayoría son bien desarrollados. Seguidamente *Pithecellobium dulce*, en tercer lugar, tenemos a *Mangifera indica* y *Simarouba glauca* que almacenan 41.08, 36.39 y 28.21 toneladas métricas de carbono anualmente.

5.7 Producción de oxígeno.

A los árboles se les ha otorgado gran relevancia por funciones como ser uno de los principales sumideros de carbono y por su eficiencia en la liberación de oxígeno durante la fotosíntesis, por lo tanto, la producción anual de oxígeno de un árbol está relacionada con la cantidad de carbono secuestrado, la cual está vinculada con la acumulación de biomasa del bosque urbano. Según la FAO (2011), un kilómetro cuadrado de bosque genera 1.000 toneladas de oxígeno al año.

Se calcula que los árboles del Parque Infantil producen 58.04 toneladas métricas de oxígeno al año. Sin embargo, según (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 la figura 12 se presentan las principales especies productoras de oxígeno que se encuentran en el Parque Infantil.

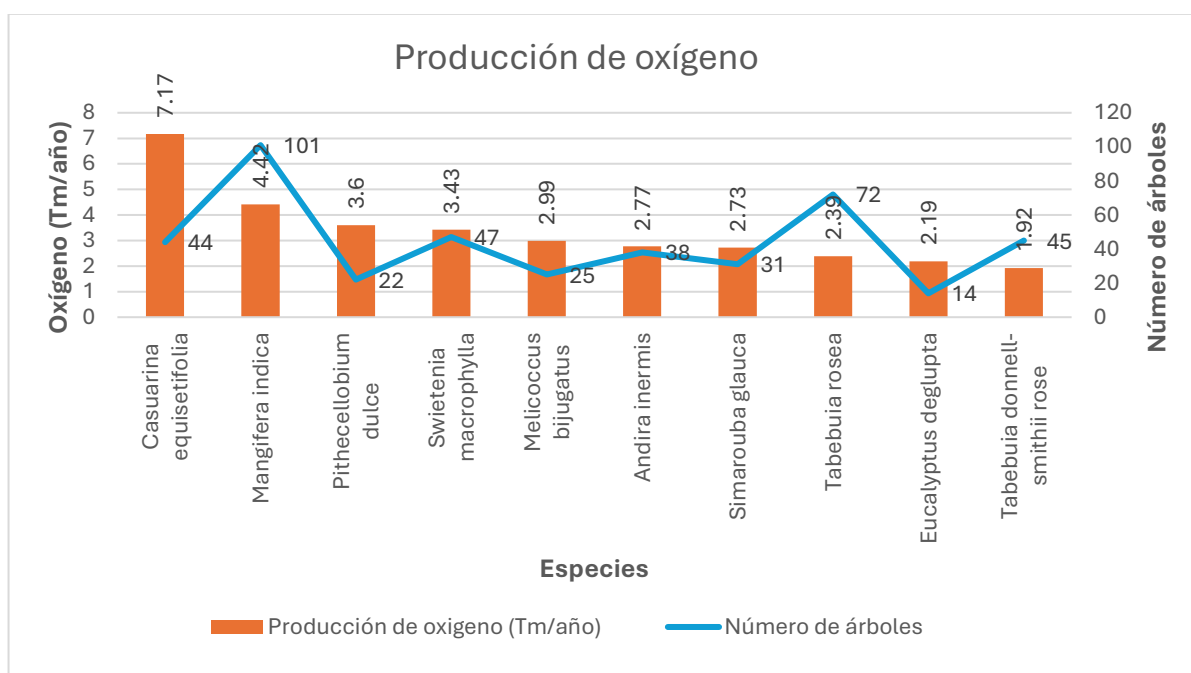


Figura 12. Principales especies productoras de oxígeno.

De acuerdo con el gráfico *Casuarina equisetifolia* es la especie mayor productora de oxígeno, ya que produce 7.17 toneladas métricas de oxígeno anualmente, con un total de 44 árboles. Seguida por *Mangifera indica* su producción es 4.42 toneladas métricas con un total de 101 individuos, siendo esta la especie con más árboles dentro del bosque urbano se demuestra que la producción de oxígeno es baja. Por otro lado, tenemos a *Pithecellobium dulce*, *Swietenia macrophylla* y *Melicoccus bijugatus*, produciendo 3.6 tm/año, 3.43 tm/año y 2.99 tm/año con una cantidad de individuos de 22, 25 y 38 respectivamente.

Andira inermis, *Simarouba glauca* y *Tabebuia rosea* poseen el lugar 6, 7 y 8 en la gráfica produciendo cantidades similares de oxígeno en toneladas métricas por año, la cantidad de individuos de estas especies son 38, 31 y 72 respectivamente, demostrando que la cantidad generada de oxígeno no va de acuerdo a la proporción de individuos presentes.

5.8 Ecurrimiento evitado

El escurrimiento evitado es otro servicio que un arbolado ofrece, evitando contaminación de arroyos, ríos, humedales y lagos; los árboles con una buena cobertura foliar pueden interceptar el agua durante las precipitaciones evitando que llegue directamente al suelo sin un proceso de filtración o limpieza y que luego por escorrentía superficial llegue a los cuerpos de agua. (Castro y Pardo, 2024)

Los bosques proporcionan una excelente cobertura protectora compuesta por el dosel foliar, arbustos bajos, hierbas y restos superficiales, los que se combinan para proteger la superficie del suelo de la pérdida de porosidad causada por el impacto directo de las gotas de lluvia. Los residuos también sirven como fuente de la alimentos y energía a los organismos del suelo, lo cual favorece a la formación de materia orgánica y canales de la fauna que conducen a altas tasas de infiltración. (FAO,2005).

Los árboles y arbustos del Parque Infantil ayudan a reducir el escurrimiento por casi 1,101.27 metros cúbicos al año con un valor asociado de \$2,892.24 dólares.

En la figura 13, se presenta, el escurrimiento evitado por las 10 principales especies encontradas en el Parque Infantil.

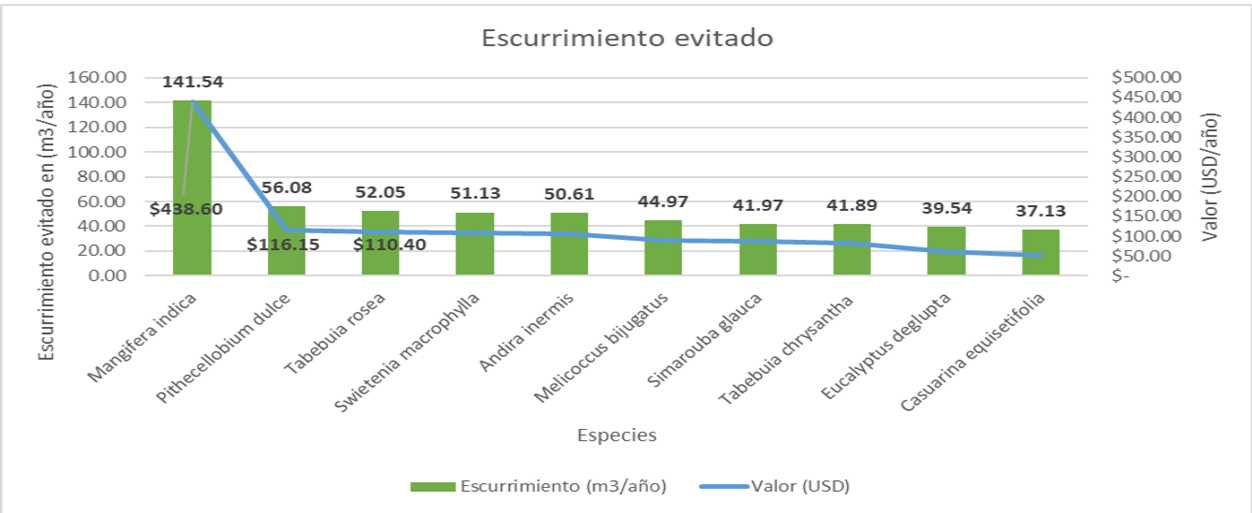


Figura 13. Escurrecimiento evitado por especie y su valor asociado.

La especie *Mangifera indica* es la que más lluvia intercepta, esto se debe a que cuenta con la mayor área foliar en 101 árboles, cabe mencionar que esta es la especie con mayor número de individuos, por lo tanto, se demuestra que es la que más intercepta lluvia y reduce así el escurrecimiento en 141.54 m³ por año con un valor asociado de \$438.60. *Pithecellobium dulce* se encuentra en segundo lugar, interceptando 56.08 m³ por año con un valor asociado de \$116.15, *Tabebuia rosea* en tercer lugar, seguido por *Swietenia macrophylla* en cuarto lugar que reducen una cantidad similar de escurrecimiento con 52.05 m³ y 51.13 m³ por año respectivamente.

El cálculo del escurrecimiento evitado se basa en las características que tiene la copa, por lo tanto, existe variación de resultados presentados entre las diferentes especies, estas variaciones se dan según el momento o la época del año en la que son muestreados los árboles, debido a las modificaciones que se pueden dar en el desarrollo de la copa y morfología.

5.9 Valores estructurales de (sustitución) y funcionales.

Los bosques urbanos tienen un valor estructural basado en los mismos árboles, por ejemplo, el costo de tener que reemplazar un árbol con otro de características similares; y estos también tienen valores funcionales, basados en las funciones que desempeñan.

El valor estructural del bosque urbano tiende a subir cuando aumenta el número y tamaño de árboles saludables. Los valores funcionales anuales también tienen a aumentar con un mayor número y tamaño de los árboles saludables. A través de un mantenimiento 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)

En la siguiente figura se muestran los valores de sustitución de los árboles registrados en el Parque Infantil. El valor total del arbolado de la zona de estudio es de \$1,951,415 dólares, que es el costo de reemplazarlos por otros similares.

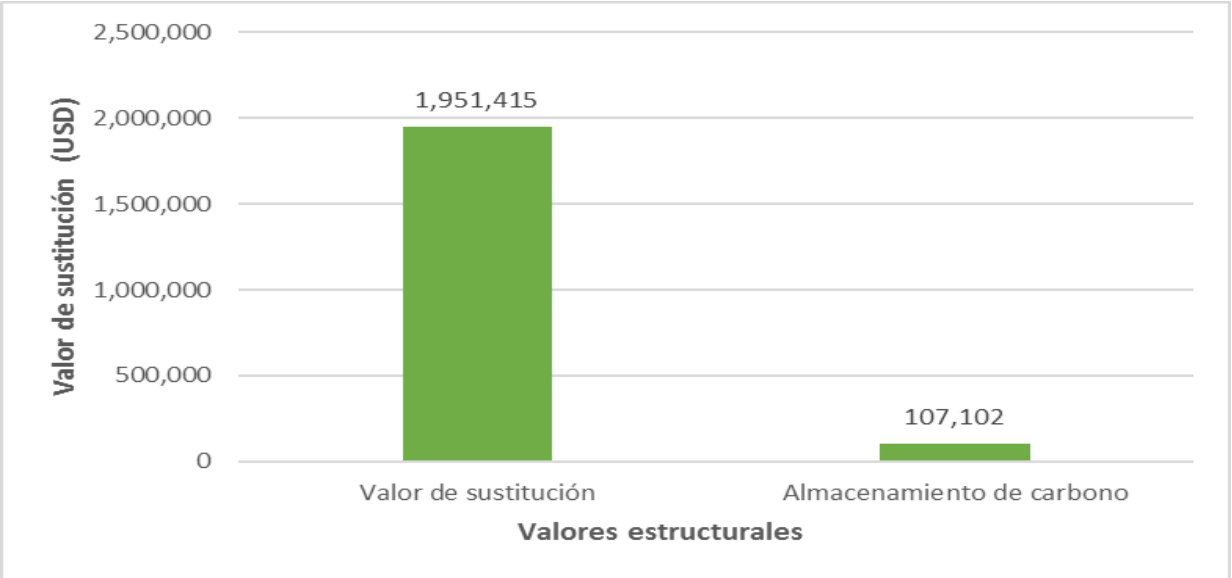


Figura 14. Valores de sustitución (estructurales) de los árboles del Parque Infantil.

En la figura 15 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 con (\$4,693.51), escurrimiento evitado (\$2,892.24) y eliminación de contaminantes (\$11,300.00), haciendo un total de \$18,885.75 dólares anuales. Se demuestra la importancia que tienen los árboles jugando el rol de secuestrar carbono y eliminar contaminantes que se encuentran en el aire siendo producto de las actividades humanas.

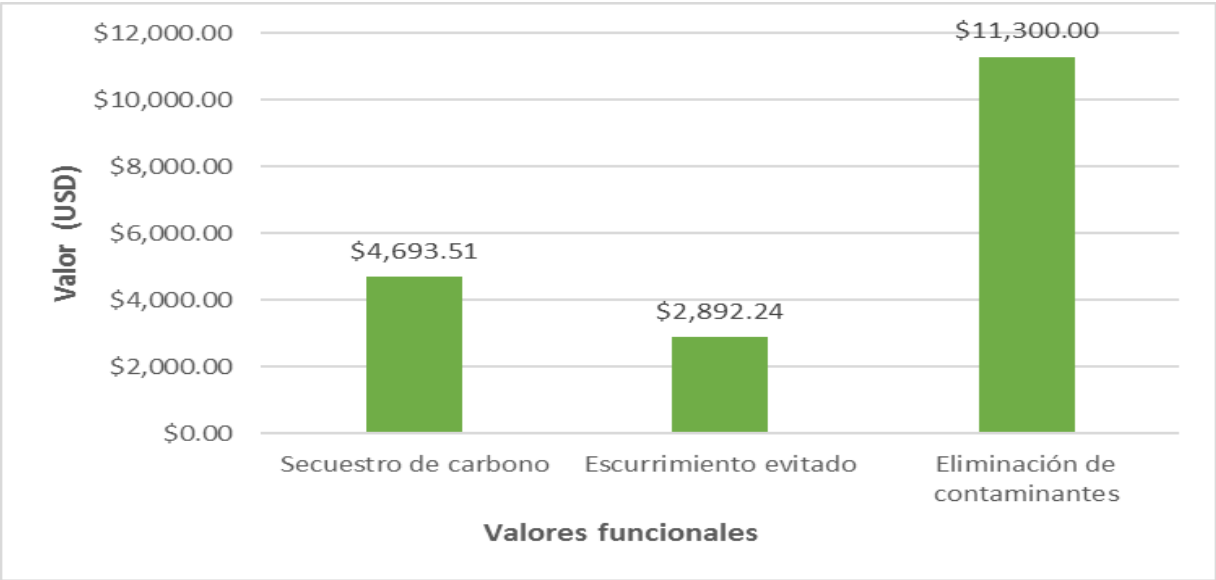


Figura 15. Valores funcionales de los árboles presentes en la zona de estudio.

Por otra parte, en la figura 16 se presentan los valores de sustitución de las 10 especies principales encontradas en la zona de estudio.

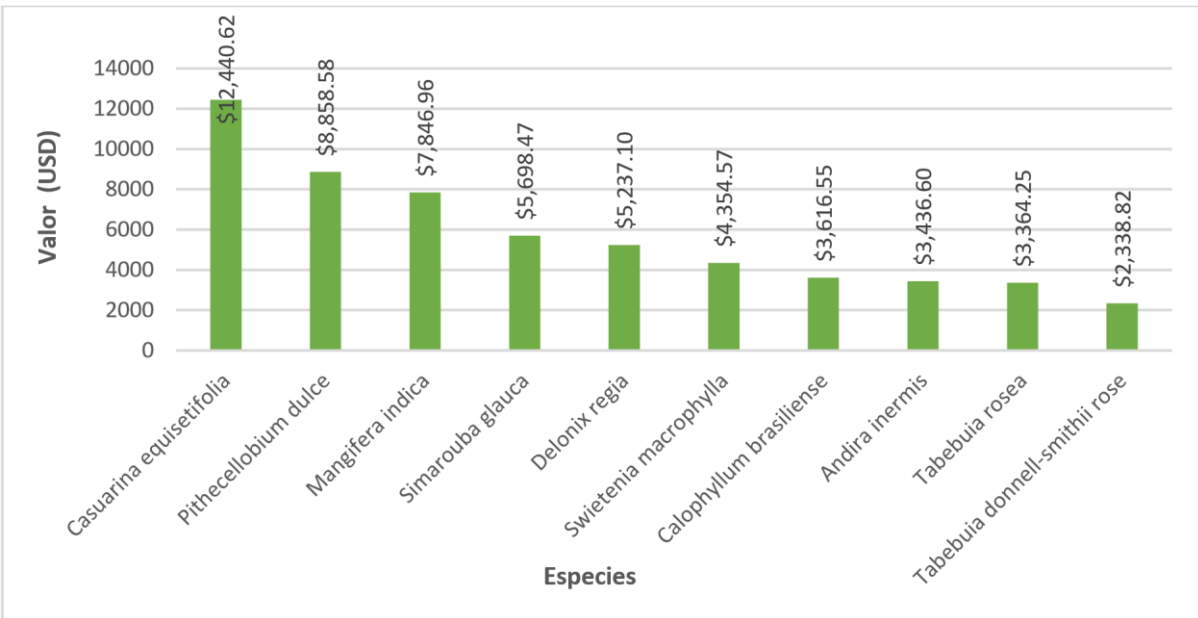


Figura 16. Especies con los valores de sustitución más altos de la zona de estudio.

Se observa que *Casuarina equisetifolia* es la especie que tiene el valor más alto de sustitución con (\$12,440.62). En segundo lugar, se encuentra *Pithecellobium dulce* que tiene un valor de sustitución de (\$8,858.58), seguida por *Mangifera indica* que tiene un valor de sustitución de (\$7,846.96), la cuarta especie es *Simarouba galuca* que tiene un valor de (\$5,698.47). Estas especies suman un total de \$27,748.63 dólares, se concluye que nos aportan muchos beneficios ambientales, debido a eso reciben ese valor de sustitución, de estas cuatro especies dos son introducidas y dos son nativas.

Existen especies nativas muy importantes como *Calophyllum brasiliense* dentro del parque infantil con un valor de sustitución de (\$3,616.55) con 28 individuos, seguido de *Andira inermis* con un valor de (\$3,436.60) con 38 individuos, también tenemos a *Tabebuia rosea* nuestro árbol nacional que cuenta con un valor de sustitución de (\$3,364.25) tiene un total de 72 árboles





Dentro de la zona de estudio y por último esta la especie *Tabebuia donnell-smithii rose* con un valor de sustitución de (\$2,338.82) con 45 individuos, haciendo un total de \$12,756.22 entre las 4 especies mencionadas anteriormente, cabe resaltar que todas estas especies son nativas por lo cual es necesario preservarlas debido a los diferentes beneficios que generan.





5.10 Fauna del parque infantil.





En el cuadro 4 se puede observar las especies identificadas que forman parte de la fauna del Parque Infantil De Diversiones. Estas especies fueron identificadas por observación directa y sonidos propios de cada especie. Se registraron 25 especies diferentes en total de las cuales 18 son aves, 4 de mamíferos y 3 reptiles pequeños.





Cuadro 4. Fauna encontrada en el parque infantil.





Nombre científico	Nombre común	Fotografía
Aves		
<i>Calcita formosa</i>	Urraca copetona	
<i>Columba livia</i>	Paloma común o Paloma de Castilla	
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita	



Nombre científico	Nombre común	Fotografía
<i>Zenaida asiática</i>	Paloma de Alas Blancas	
<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canela	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate (Hembra)	
<i>momotus lessonii</i>	Tálapo	

Nombre científico	Nombre común	Fotografía
<p><i>eumomota</i> <i>superciliosa</i></p>	<p>Torogoz</p>	
<p><i>Eupsittula</i> <i>canicularis</i></p>	<p>Chocoyo</p>	
<p><i>Psittacara</i> <i>strenuus</i></p>	<p>Pericón verde</p>	
<p><i>Brotogeris</i> <i>jugularis</i></p>	<p>Catalnica</p>	

Nombre científico	Nombre común	Fotografía
<i>Icterus galbula</i>	Chiltota (Macho)	
<i>campylorhynchus capistraatus</i>	Guacalchia	
<i>Turdus grayi</i>	Chonte o Senzonte	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Chío	

Nombre científico	Nombre común	Fotografía
<p>Melanerpes aurifrons</p>	<p>Cheje</p>	
<p>Buteo magnirostris</p>	<p>Gavilán pollero</p>	
<p>Glaucidium brasilianum</p>	<p>Aurora</p>	
Mamíferos		
<p><i>Didelphis marsupialis</i></p>	<p>Tacuazín</p>	

Nombre científico	Nombre común	Fotografía
<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla común	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero	
felis catus	Gato domestico	
Reptiles		
Basiliscus vittatus	Tenguereche	

Nombre científico	Nombre común	Fotografía
<p data-bbox="298 428 451 495">Sceloporus malachiticus</p>	<p data-bbox="574 428 792 495">Lagartija espinosa esmeralda</p>	
<p data-bbox="298 848 451 915">Aspidoscelis sexlineata</p>	<p data-bbox="574 869 792 894">Lagartija colilarga</p>	

6 Conclusiones

- ✓ La composición florística del parque infantil está conformada en 40 familias, 95 géneros y 112 especies.
- ✓ Del total de especies encontradas, el 50.28% son nativas y el 49.72% son introducidas.
- ✓ Las tres especies más abundantes son *Mangifera indica* (101 árboles, 9.52%), *Tabebuia rosea* (72 árboles, 6.79%) y *Roystonea regia* (64 palmeras, 6.03%).
- ✓ Las familias más numerosas en cuanto a densidad de individuos son Bignonaceae (127 individuos), Aracaceae (121 individuos), Fabaceae (119 individuos) y Anacardiaceae (113 individuos).
- ✓ Aproximadamente el 75% de los individuos del área de estudio, se encuentran entre la segunda y cuarta clase diamétrica, es de 7.6 a 45.7 cm de diámetro a la altura de pecho.
- ✓ Dentro del parque infantil no se registraron problemas de árboles con aceras, esto debido a una logística acertada de construcción.
- ✓ Las especies que más contribuyen en la eliminación de contaminantes del aire, principalmente ozono, son *Mangifera indica*, *Pithecellobium dulce* y *Tabebuia rosea*.
- ✓ Las especies que contribuyen a evitar el escurrimiento superficial en la zona de estudio son *Mangifera indica*, *Pithecellobium dulce* y *Tabebuia rosea*.
- ✓ 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 \$ 1,951,415 dólares, el cual sería el costo de ser reemplazados por similares.

7 Recomendaciones

- ✓ Es necesario contar con una plantación de árboles nativos, para poder preservar las especies dentro del parque infantil y aprovechar los beneficios ecosistémicos que brindan cada uno de ellos, esto puede llevarse a cabo en el área de vivero ubicado dentro del mismo parque, ya que cuenta con un espacio amplio aprovechando así totalmente los recursos del mismo.
- ✓ Elaborar un herbario que contenga las especies encontradas en el parque infantil, y que sea presentado en la ludoteca ya que este es un espacio dedicado a los estudiantes que visitan las instalaciones del parque, contribuyendo así a la educación ambiental y a la vez generando conciencia sobre la importancia de los árboles.
- ✓ 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 en aceras o tendido eléctrico.
- ✓ Se recomienda seguir desarrollando este tipo de investigaciones en época seca, en la zona metropolitana de San Salvador con el fin de aportar elementos técnicos que sustenten las intervenciones que puedan desarrollarse en el marco de plan de manejo de la OPAMSS.
- ✓ Utilizar los resultados de esta investigación para ampliar el listado de especies propuestas en el catálogo elaborado por COAMSS/OPAMSS.
- ✓ Continuar estableciendo alianzas entre instituciones para continuar con la elaboración del inventario del bosque urbano y dar a conocer sus beneficios, y socializar los resultados con la población en general.

8 Bibliografía

Arroyave, C; Posada, M; Nowak, D; Hoehn, R. 2019. Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburra. En línea. Consultado el 15 de mayo 2024.

Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01200739201900010000

5.

Castaneda, A. 2023. Composición, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en el complejo Urbanización Universitaria - Reparto Santa Fe – Comunidad San José Obrero, San Salvador.

En línea. Consultado el 1 junio 2024. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2661>

Castro, S y Pardo, N. 2024. Valoración de los servicios ecosistémicos del campus 170 de la Universidad ECCI. En línea. Consultado el 20 junio 2024. Disponible en:

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/4005>

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 22 junio 2024. Disponible en:

<https://www.cepal.org/es/noticias/especialistas-destacan-la>

[importanciaserviciosecosistemicos-desarrollo-](https://www.cepal.org/es/noticias/especialistas-destacan-la)

[sosteniblela#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Evaluaci%C3%B3n,personas%20obti enen%20de%20los%20ecosistemas%E2%80%9D.](https://www.cepal.org/es/noticias/especialistas-destacan-la)

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 17 mayo 2024. 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 5 mayo 2024. Disponible en: <https://www.fao.org/inaction/agronoticias/detail/en/c/489685/>

Garret, C. 2022. ¿Cuánto CO2 absorbe un árbol? En línea. Consultado el 27 de febrero 2024. Disponible en: <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2arbol#:~:text=Las%20plantas%2C%20y%20en%20concreto,as%C3%AD%20%2>

Guadalupe, O; Lara, N; Lara, S; Morocho, J. 2017. Evaluación De Dos Instrumentos De Medición En La Determinación Del Área Basal En *Pinus Radiata*. ESPOCH / Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador; Vol.13, No.24

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.

Martínez, K y Venegas, K. 2021. Evaluación de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la localidad de Fontibón mediante i-tree. En línea. Consultado el 4 de junio 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11349/26463>

SPENA GROUP 2018. IPSÓMETRO/TELÉMETRO FORESTAL PRO LÁSER Nikon®. En línea. Consultado el 10 de junio 2024. Disponible en: <https://corporacions3.com/wpcontent/uploads/2018/04/Hips%C3%B3metro-Forestal-PRO-L%C3%A1serNikon%C2%AE.pdf>

9 Anexos

ID	Fecha	Condición	Especies	Uso de la tierra	Altura DAP	DAP 1	DAP 2	DAP 3	DAP 4	DAP 5	DAP 6	% Muerte regresiva	Total Altura (m)	Altura superior (m)	Altura a la base (m)	Ancho N/S (m)	Ancho E/O (m)	% Faltante	Exposición de luz	¿Árbol de la calle?	Mantenimiento recomendado	Tarea de mantenimiento	Conflicto con aceras	Conflicto con servicios	¿Público?	Latitud	Longitud	Comentarios		
				</																										



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



Figura A-3. Toma de coordenadas geográficas y registro de datos



Figura A-4. Arboles del parque infantil que presentan conflictos con el tendido eléctrico.



Figura A-5. Árboles del parque infantil que presentan conflictos con el tendido eléctrico.



Figura A-6. Zanate y Talapo parte de fauna encontrada en el parque.



Figura A-7. Tortolita y chiltota fauna encontrada en el parque.



Figura A-8. Chocoyo y torogoz fauna encontrada en el parque.



Figura A-9. Catalnica y colibrí canela fauna encontrada en el parque.



Figura A-10. Verificación de especies con botánico y tutor interno.

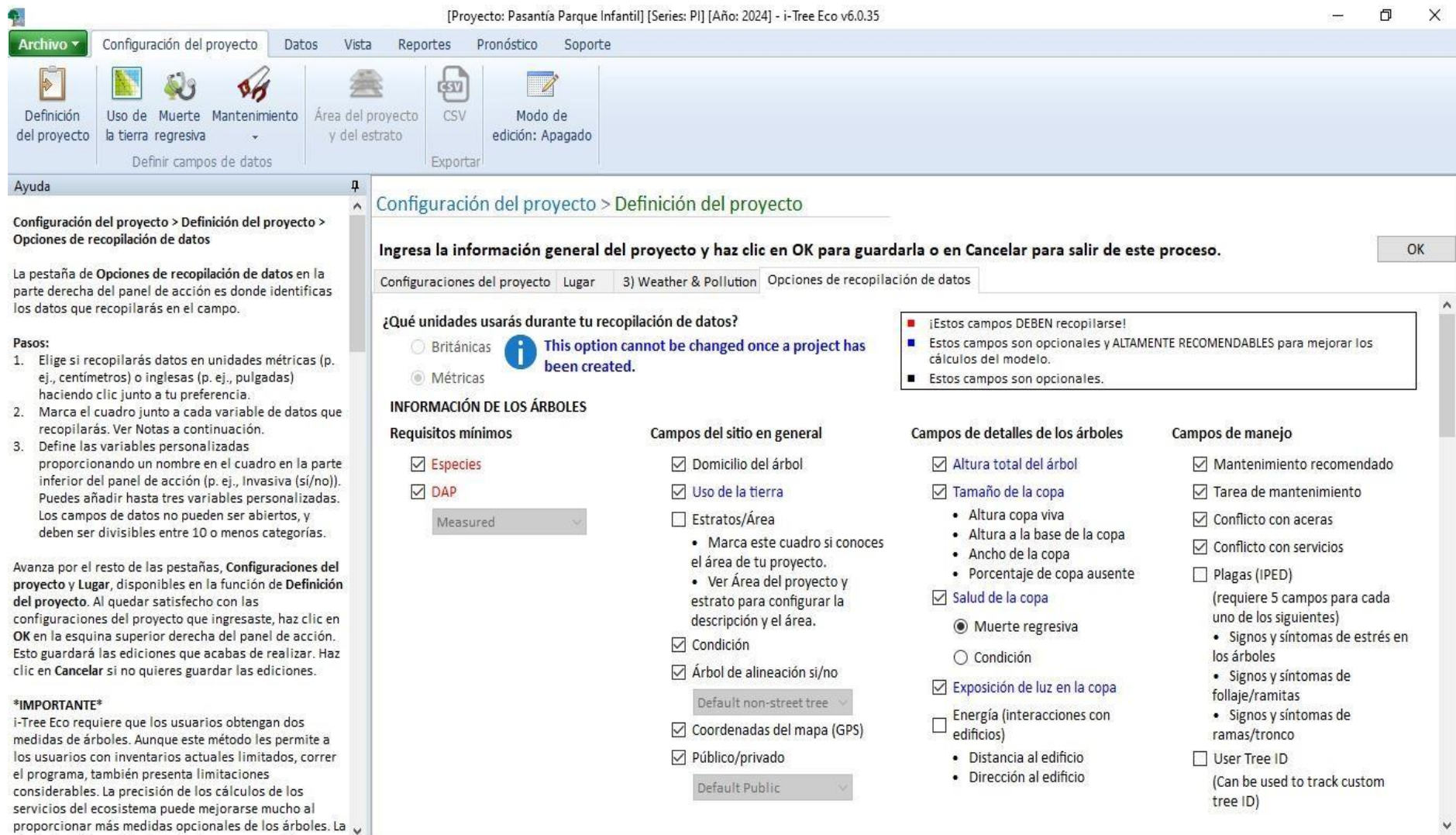


Figura A-11. Creación del proyecto en la herramienta I-Tree Eco®

[Proyecto: Pasantía Parque Infantil] [Series: PI] [Año: 2024] - i-Tree Eco v6.0.35

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 anuales 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 ícono 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

ID	Brigada	Fecha de monitoreo	Condición	Especies	Domicilio	Uso de la tierra	Foto ID	DAP 1 (cm)
1	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Jambolan plum (<i>Syzygium cumini</i>)		Parque		36.5
2	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)		Parque		17.2
3	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Casuarina (<i>Casuarina equisetifolia</i>)		Parque		82.4
4	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Paradise tree (<i>Simarouba glauca</i>)		Parque		52.3
5	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Barcino (<i>Calophyllum brasiliense</i>)		Parque		51.5
6	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Palma (<i>Roystonea regia</i>)		Parque		20.1
7	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Angelica tree (<i>Dendropanax arboreus</i>)		Parque		30.6
8	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Panama rubber tree (<i>Castilla elastica</i>)		Parque		22.2
9	1	24/4/2023 00:00:00	Plantado	Guamuchil (<i>Pithecellobium dulce</i>)		Parque		80.0
10	1	24/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Egg-cone pine (<i>Pinus oocarpa</i>)		Parque		20.5
11	1	24/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Guayaba agria (<i>Psidium friedrichsthanum</i>)		Parque		13.1
12	1	24/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Egg-cone pine (<i>Pinus oocarpa</i>)		Parque		34.0
13	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)		Parque		36.6
14	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Palma (<i>Roystonea regia</i>)		Parque		47.9
15	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Palma (<i>Roystonea regia</i>)		Parque		48.3
16	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)		Parque		50.9
17	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Barcino (<i>Calophyllum brasiliense</i>)		Parque		20.5
18	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Guamuchil (<i>Pithecellobium dulce</i>)		Parque		45.9
19	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Angelica tree (<i>Dendropanax arboreus</i>)		Parque		35.1
20	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Mindanao gum (<i>Eucalyptus deglupta</i>)		Parque		97.1
21	1	26/4/2023 00:00:00	Regeneración natural	Cabbagebark tree (<i>Andira inermis</i>)		Parque		29.8

Figura A-12. Incorporación de los datos en el programa I-Tree Eco®



Figura A-13. Mapa del arbolado registrado en el parque infantil.



Figura A-14. Mapa del arbolado registrado en conflicto con el tendido eléctrico