



Resultados del censo del arbolado de Parque La Ceiba 2017, Playa del Carmen, Quintana Roo



Elaborado por:

M.C. Horacio Andrés de la Concha Duprat

Ing. Esthela Sánchez Martínez

Biol. Ana Carolina Pech Polanco

I

Km. 282 Carretera Chetumal-Puerto Juárez, C.P. 77710

Playa del Carmen, Quintana Roo, México

Tel: (984) 8715-289 y 290

www.florafauyacultura.org



INSTITUCIONALIDAD
Y TRANSPARENCIA
Cemefi



Participantes:

Antrop. Guadalupe Pauahi Quintana Pali

Aida Paola Villapaldo Coronel

Eusebio Ayala Cupul

Elías Ricardez de la Cruz

Esther Ortíz Hernandez

Elmer Valente Mazun Cauich

Elías Yam Blanco

José Adelfo Hernández Hernández

Juan Domitilo Carbajal Pacheco

Julio Sanchez Narvaez

Ing. Angelina Cabrera

Ing. Juan Alberto Salazar Mercado

Ing. Daniel Cruz Magaña

Lei de Landero Quintana Pali

Lorenzo Pat Briceño

Luis Miguel Uluac Vera

Mario Alberto Gómez Avila

Mariana Campos Zapett

Roberto Jimenez Martínez

Voluntarios de la escuela Centro de estudios tecnológicos del mar (CETMAR), Playa del Carmen



INDICE

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	IV
RESUMEN EJECUTIVO	VII
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 SERVICIO AMBIENTAL DE LOS ÁRBOLES.....	1
1.2 OBJETIVO GENERAL DEL INVENTARIO.....	3
1.3 OBJETIVOS PARTICULARES	3
2.- METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS	5
3.1 ESTRUCTURA DEL ARBOLADO.....	5
3.2.2 ALTURA	10
3.2.3 CONDICIONES.....	12
3.2.4 ÍNDICES BIOLÓGICOS	15
4. SERVICIO AMBIENTAL DEL ARBOLADO.....	19
4.1 FIJACIÓN DE CO ₂	19
4.2 FIJACIÓN NETA DE CARBONO	22
4.3 INCREMENTO EN INFILTRACIÓN	23
4.3. PRODUCCIÓN DE OXÍGENO.....	28
4.4 REMOCIÓN DE CONTAMINANTES.....	29
4.5 BIOEMISIONES DE LOS ÁRBOLES	31
5. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	34
5.1 ARBOLADO.....	35
5.2 SERVICIO AMBIENTAL.....	36
5.3 PRONÓSTICOS	36
5.4 METAS POTENCIALES PARA ESTABLECER.....	41
5.5 RECOMENDACIONES	41
ÍNDICE DE ANEXOS	49
7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS	80

Índice de Cuadros Y Figuras.

<i>Cuadro 1. Beneficios que brinda el censo de árboles.</i>	2
<i>Cuadro 2. Parámetros dasométricos medidos en los árboles</i>	3
<i>Cuadro 3. Resumen de los estadísticos de la población de árboles censados en parque La Ceiba</i>	6
<i>Cuadro 4. Árboles que presentan un IDR mayor a 1.</i>	13
<i>Cuadro 5. Efecto sobre la infiltración y reducción del drenaje de las especies más numerosas en parque la ceiba.</i>	18
<i>Cuadro 6. Árboles que se encuentran en parque La ceiba y son mejores productores de oxígeno</i>	22
<i>Cuadro 7. Comparativo del arbolado de Parque la Ceiba con otros parques de México.....</i>	27
<i>Cuadro 8. Condiciones base para el pronóstico de comportamiento de la población de árboles de Parque La Ceiba.....</i>	29
<i>Cuadro 9. Pronóstico de la población de árboles de Parque la Ceiba proyectado en tres escenarios diferentes en un período de 15 años.....</i>	30
<i>Cuadro 10. Reporte del i-Tree sobre el origen de las especies en el inventario</i>	33
<i>Cuadro 11. Reporte del i-Tree sobre el origen de las especies en el inventario.</i>	34
<i>Cuadro 12. Criterios de selección de especies a retirar para mejorar la población de árboles de Parque La Ceiba</i>	35
<i>Figura 1. Árboles con mayor presencia en Parque La Ceiba conforman el 50% de la población.....</i>	5
<i>Figura 2. Árboles que representan el 29% de la población de Parque La Ceiba</i>	5
<i>Figura 3. Distribución por clase diamétrica del total de árboles censados en parque La Ceiba</i>	6
<i>Figura 4. Clase diamétrica de las 12 especies considerados como principales</i>	7
<i>Figura 5. Clase diamétricas del 29% de la población de los árboles censados</i>	8
<i>Figura 6. Distribución de la altura de los árboles censados en Parque La Ceiba</i>	8
<i>Figura 7. Condición de copa de las 12 especies más numerosas en Parque La Ceiba.....</i>	9
<i>Figura 8. Condición de copa del 29% de árboles censados en Parque La Ceiba</i>	10
<i>Figura 9. Condición de copa de la población censada del Parque La Ceiba</i>	11
<i>Figura 10. Valor de importancia de las 12 especies más numerosas de parque La Ceiba</i>	12

IV

Km. 282 Carretera Chetumal-Puerto Juárez, C.P. 77710

Playa del Carmen, Quintana Roo, México

Tel: (984) 8715-289 y 290

www.florafauunaycultura.org



<i>Figura 1. Valor de importancia de las 24 especies que representan el 29% de árboles en Parque La Ceiba.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 12. Relación del DAP con el C almacenado en la población de árboles de parque La Ceiba</i>	<i>14</i>
<i>Figura 13. Relación de biomasa de hojas con la capacidad de secuestro de carbono en los árboles de parque La Ceiba.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 14. Carbono fijo o almacenado y carbono secuestrado anual por las principales especies de parque La Ceiba.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 15. Especies con más C almacenado y su equivalente en CO₂ en parque La Ceiba</i>	<i>16</i>
<i>Figura 16. Secuestro de C y su equivalente en CO₂ para las especies de árboles censados en Parque La Ceiba</i>	<i>17</i>
<i>Figura 17. Especies con mayor impacto en evitar la escorrentía en parque La Ceiba</i>	<i>19</i>
<i>Figura 18. Reducción de la escorrentía por las principales especies de árboles de Parque La Ceiba (286 metros m³/año- Mex\$ 12,761.45/año)</i>	<i>20</i>
<i>Figura 19. Cobertura de copa en m² de los árboles censados en parque La Ceiba y su relación con la reducción de escorrentía en litro/año</i>	<i>21</i>
<i>Figura 20. Remoción de contaminantes por mes en kilogramos</i>	<i>23</i>
<i>Figura 21. Árboles del parque La Ceiba que remueven mayor contaminantes calculado en pesos (\$).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 22. Cantidad de compuestos orgánicos volátiles (VOC) producidos por las principales especies de árboles del parque La Ceiba.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 23. Ubicación geográfica de Parque La Ceiba en Playa del Carmen. Datos del mapa 2018 Google. INEGI.....</i>	<i>26</i>

Resumen Ejecutivo

El entendimiento de la estructura del arbolado urbano, su función y valor ayuda a la toma de decisiones que mejoran la salud humana y la calidad del medio ambiente. Por esto, se llevó a cabo una evaluación y diagnóstico de la estructura del arbolado, así como de su función y valor en el Parque La Ceiba de Playa del Carmen, Q.R. Esta evaluación se llevó a cabo a través de un censo total, utilizando la herramienta i-Tree ECO V6.03 desarrollada por el U.S. Forest Service, que cabe mencionar, realiza estos cálculos debido a los algoritmos y fórmulas del programa con la información sobre el crecimiento y los servicios ambientales de seis mil especies de árboles de todo el mundo.

-  Población de árboles: **1,101**
-  Cobertura arbórea: **2.466 hectáreas**
-  Principales especies: **Magnoliopsida, 7.1%**; (*Chloroleucon mangense*, *Gymnopodium floribundum*, *Hampea trilobata*, *Malmea depressa*, *Neomillspaughia emarginata*, *Semialarium mexicanum*); **Caesalpinia sp., 6.4%**, **Astronium graveolens ,4.9%**
-  Porcentaje de árboles de DAP¹ menor a 15.2 cm: **65.7%**.
-  Remoción de contaminantes: **88.11 kilogramos/año (Mex\$11.6 mil/año)**
-  Almacenamiento de carbono: **51.6 t./año (Valor de Mex\$114,331.52 mil/año).**
-  Secuestro de carbono: **3.183 t/año. (Valor de Mex\$ 28,905.2 mil/año).**
-  Producción de oxígeno: **8.487 t/año.**
-  Incremento en Infiltración: **286 m³/año (Valor de Mex\$12,761.45 mil/año)**
-  Valor estructural: **Mex \$707, 000 mil**

El promedio de tamaño de árboles en términos de diámetro altura pecho fue de **13.4 cm**, pero el **65.7%** de la población está por debajo de los **15.2 cm de DAP**, es decir, es un arbolado chico y joven. Sin embargo, el **34.3%** de los árboles tienen un DAP por arriba de los 15.2 cm. En cuanto a la altura el promedio fue de **8.3 m**, pero el **47%** de los árboles se encuentran por debajo de los **8 m** de altura.

Con esta estructura del arbolado se tienen servicios ambientales por concepto de secuestro de carbono anual de **3.183 t/año (Valor de Mex\$ 28,905.2 mil/año)**, con especies de los géneros *Vitex sp.*, *Clusia sp.*, *Thevetia sp.*, *Cecropia sp.*, *Havardia sp.* y la especie *Ceiba pentandra*, junto con otras 15 especies fijan el 62 % del total de carbono. Todo el carbono almacenado en el arbolado en forma de madera es de **51.6 t (Valor de Mex\$114,331.52 mil/año).**

Teniendo el arbolado un valor estructural de **Mex\$ 707, 000 (setecientos siete mil pesos)** de acuerdo con la metodología de evaluación de valor de la herramienta i-Tree-Eco. Se estimó que

¹ Diámetro a la altura del pecho



los árboles de Parque La Ceiba elimina **88.11 kilogramos/por año** de contaminación, siendo el ozono (O₃) el más removido (50 kilogramo/año), siguiéndole el monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas importantes 2.5 micrones (PM_{2.5})² y dióxido de azufre (SO₂), esto tiene por año un valor asociado de **Mex \$11,602 (once mil seiscientos dos pesos)**. Sobre el oxígeno producido por el arbolado en la actualidad alcanzo **8.487 t/año**. En lo que se refiere al aumento de infiltración o reducción de escorrentía, el arbolado evita que **286 m³/año (Valor de Mex\$12,761.45 mil/año)** se desperdicien en el drenaje.

En términos generales es posible enumerar una serie de lineamientos y acciones dirigidas a mejorar el arbolado de Parque La Ceiba, esto permitirá contar con un área verde de acuerdo con el área que comprende el parque, además de brindar servicios ambientales de forma eficiente.

1. Podar los árboles para retirar ramas secas, esta poda puede ser de saneamiento, y así evitar que el árbol adquiera plaga de termitas que posteriormente le pueden causar la muerte.
2. Realizar podas de formación para evitar que la copa del árbol este desbalanceada y esto ocasione que el tronco este inclinado.
3. Del grupo de árboles juveniles que se encuentren a menos de 2 metros de distancia, dejar uno y retirar los demás. Esto permitirá que el árbol crezca de manera adecuada, tanto en tallo como en cobertura de copa.
4. Retirar los árboles que se encuentren en riesgo (daño en tallo o raíces). Y en el sitio que queda sin árbol sembrar alguno de los árboles juveniles que se retiraran de otras áreas del parque.
5. Realizar un plan fitosanitario para que los árboles no se contagien de plagas de hormigas o termitas. Al tener árboles saludables adquieren un mejor crecimiento y desarrollo.
6. Implementar un programa de cuidado del suelo (nutrición, sanidad y mejora) para lograr un desarrollo saludable de los árboles de menos de 10 cm de DAP.
7. Desarrollar metodología para definir la necesidad de fertilizar un árbol en cuanto a producto y cantidad.
8. Llevar a cabo labores de des-compactación de suelo para mejorar infiltración del agua.
9. Fomentar la siembra de árboles frutales de la región ya que Parque La Ceiba carece de diversidad de estas plantas.
10. Se recomienda establecer un monitoreo periódico (cada 5 años) del desempeño del arbolado con respecto a las metas establecidas. Es por lo tanto indispensable establecer las metas de corto y mediano plazo en términos de desempeño de los arboles más que por cantidades.



1.- Introducción y Objetivos

El Parque La Ceiba surge como respuesta a una problemática ambiental y social dentro de Playa del Carmen en donde el crecimiento demográfico y el desarrollo urbano estaban rápidamente acabando con muchas áreas verdes, por lo que se inicia con la idea de crear un modelo de parque verde para la comunidad. Parque La Ceiba nace como una iniciativa de Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., al reconocer la importancia de que nuestras ciudades cuenten con áreas verdes y espacios públicos que promuevan la salud ambiental y social de sus habitantes.

- Misión de Parque La Ceiba

Ser un modelo de parque eco-urbano público, un lugar de reunión y sano esparcimiento familiar, que contribuya al tejido social, a la formación cultural y ambiental, promoviendo el desarrollo sostenible y el bienestar de nuestra comunidad.

- Objetivo general de Parque La Ceiba

Promover el amor, el respeto y el cuidado de nuestros recursos naturales y culturales, a través de programas y actividades ambientales, artísticos y culturales, para contribuir en el sano esparcimiento y desarrollo de la comunidad, promoviendo la integración social de los habitantes de Playa del Carmen en un espacio natural y público, el cual también sirva como plataforma para la educación ambiental, cultural y del bienestar de nuestra comunidad.

- Objetivos del arbolado de Parque la Ceiba

- Garantizar la sobrevivencia de la diversidad de especies nativas en base a sus características y aportaciones de beneficios ambientales.
- Ser el depositario en el que se conserven en buen estado un gran número de árboles nativos y en peligro de extinción, que puedan convertirse en plantas madre para la propagación de dichas especies.
- Ser un espacio cuyo arbolado brinde a los visitantes un baño de bienestar y frescura que les permita reconectarse con la naturaleza.
- Ser uno de los principales pulmones verdes de Playa del Carmen, ofreciendo árboles de gran calidad que brinden los mejores servicios ambientales posibles.

1.1 Servicio ambiental de los árboles.

La determinación del servicio ambiental que realizan los árboles en un bosque urbano permite cuantificar y apreciar el beneficio que estos nos brindan en una, cada vez más contaminada, atmósfera de las ciudades. El conocimiento de estos beneficios se ha tenido por mucho tiempo, sin embargo, no fue sino hasta hace poco que el trabajo de investigación permitió conjuntar

todas las experiencias y conocimientos estadísticos y dasométricos en una herramienta que cumple varias funciones.

- 1) En primer lugar, guía en la elaboración de los inventarios ya que nos permite manejar gran cantidad de información de manera segura, sencilla y ordenada.
- 2) En segundo lugar, contiene las ecuaciones que permiten traducir la estructura del arbolado en la capacidad de fijación de contaminantes y de incremento en la infiltración.
- 3) En tercer lugar, permite evaluar diferentes escenarios de desarrollo de poblaciones en condiciones locales específicas bajo diferentes supuestos de deforestación y reforestación para determinar el mejor curso de acción.
- 4) Finalmente, pero no menos importante, permite una planeación y cálculo de este beneficio en pesos (monetariamente), lo que a su vez ayuda a justificar la realización de gastos en su cuidado y a crear conciencia de la necesidad de llevar a cabo un manejo que, aunque tenga costos los beneficios los sobrepasan con creces.

	Beneficio	Por medio de
Ecológico	Reducción de contaminantes y a reducir la cantidad de gases de efecto invernadero.	Absorción de CO ₂ , O ₃ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO _x y NO _x . Fijación por medio de la fotosíntesis y retención de partículas en los espacios dentro los estomas.
	Aumento en la infiltración de agua de lluvia.	Por efecto de las raíces en la permeabilidad de los suelos.
Económico	Reducción de consumo de energía en confort. Aumento en plusvalía de bienes raíces. Reducción de costos de mantenimiento de asfalto de calles.	Por efecto del sombreado sobre los edificios y de protección contra el viento en invierno se reduce el uso de a/c. Reduce la fatiga de materiales al evitar el sol directo.
Social	Mejorar el ambiente al reducir el efecto de isla de calor. Genera ambientes más seguros ya que disminuye la criminalidad Mejora la conectividad en vecindarios al proveer de espacio para la interacción más efectiva.	Reducción de ruido, mejora de paisaje visual, efecto calmante y tranquilizador, una sensación de confort en áreas sombreadas con mejor humedad relativa.

Cuadro 1. Beneficios que brinda el censo de árboles.

1.2 Objetivo general del inventario.

A través de un censo total de los árboles del Parque La Ceiba, con metodología estadística y rigor científico, conocer las principales características del arbolado que nos permitan establecer su capacidad de servicio ambiental en términos económicos y ecológicos. Todo con la finalidad de proveer de información necesaria para la toma de decisiones en el manejo del arbolado urbano para su mejora y cuidado.

1.3 Objetivos particulares

-  Reconocer las especies más importantes del arbolado.
-  Identificar y evaluar las condiciones en las que se encuentra el arbolado por especie, en cuanto a diámetro a la altura de pecho, condición de copa y follaje.
-  Determinar riesgos de plagas y enfermedades.
-  Listar y cuantificar los beneficios ambientales más importantes del arbolado, desde secuestro de carbono, producción de oxígeno, fijación de contaminantes, incremento en la infiltración o reducción de la escorrentía.
-  Identificar maltratos y malos manejos en el arbolado.
-  Pronosticar el comportamiento de una población en diferentes escenarios de deforestación (mortandad) y reforestación.
-  Cuantificar económicamente, en base a los precios establecidos internacionalmente, los beneficios económicos del arbolado del parque.
-  Establecer la línea base de la situación del arbolado para que en muestreos recurrentes se evalúe la efectividad del trabajo sobre los árboles.

2.- Metodología

El inventario urbano se realizó siguiendo la metodología y los protocolos específicos y probados de la suite i-Tree con la herramienta ECO V 6.03.17, por lo que se recomienda revisar para más detalle el manual que se encuentra en la página de la herramienta.² La definición de variables a evaluar se hizo siguiendo las recomendaciones de la herramienta, cabe mencionar que se utilizó la opción que tiene la herramienta para inventarios completos. Los parámetros medidos para los árboles fueron:

² http://www.itreetools.org/resources/lang/es/03_Manual_de_campo_para_toma_de_datos_i-Tree_ECO.pdf

		Clave ESPECIE	Unidad	Nombre común o científico
	1	Cond. Copa	%	CONDICIÓN DE LA COPA, ver el manual.
	2	Altura TOTAL	m	En metros del árbol hasta su parte más alta.
	3	Altura de COPA	m	En metros del follaje vivo del árbol.
	4	Altura BASE DE COPA	m	Del piso a la hoja más baja de la copa.
ANCHO DE COPA	5	N-S	m	Metros de la copa en la dirección indicada.
	6	E-W	m	Metros de la copa en la dirección indicada.
	7	% de COPA Faltante	%	Porcentaje de la copa que no se encuentre.
	7	% de COPA Faltante	%	Porcentaje de la copa que no se encuentre.
	8	Exposición a la luz	entero	1 al 5 ver manual para las opciones.
	9	% impermeable	%	Área cubierta por cemento, cualquier elemento impermeable al agua.
DAP	10	DAP 1 hasta 6	cm	Diámetro medido con cinta métrica.
	11	Altura de DAP	m	Altura a la que se midió el diámetro 1.3, es la normal, pero se pudo haber medido a otra altura.
	12	Mantenimiento: Estado del árbol y labor sugerida.	entero	Del 1 al 9

Cuadro 2. Parámetros dasométricos medidos en los árboles.

3. Resultados

Los resultados se presentan en dos partes, la primera se refiere a la estructura del arbolado que explica y define el tamaño, la situación, las especies, y su ubicación. La segunda se refiere a los servicios ambientales que nos ofrecen los árboles. El programa i-Tree tiene la capacidad de generar reportes de la base de datos que procesa y genera con los datos dasométricos de los árboles. Algunos de estos reportes están incluidos en este trabajo. A continuación, se presentan algunos reportes gráficos que explican y describen de manera resumida la estructura del arbolado.

3.1 Estructura del arbolado

3.1.1 Especies

Se encontraron 79 especies de árboles de las cuales 93 % se encontraban registradas en el i-Tree y el resto se caracterizó por clase (helecho-Ficlass, palma-Cyclclass y latifoliadas maderable-Maclass o Magnoliopsida). En el Anexo 1 se enlistan las especies identificadas, su clave del programa, su nombre común de la región y para aquellas que no están en el programa porque no existen las ecuaciones alométricas para la determinación de su tamaño y demás variables secundarias que calcula el programa, pero que por presentarse en cantidades de uno a más de tres individuos se le clasificó como latifoliadas clase Magnoliopsida, asignándole la clave Maclass.

Basado en la información que se presenta en la figura 1 y 2 se concluye que:

-  12 especies conforman el 50% de la población.
-  24 especies conforman el 29% de la población.
-  43 especies conforman el 21% de la población.

De la información anterior se desliga que la biodiversidad de la población es relativa ya que si bien tiene en total 79 especies la mitad de la población está concentrada en tan solo 12 especies. Este factor es importante en las recomendaciones y sugerencias para la mejora del arbolado y así acrecentar su capacidad de servicio ambiental.

En la figura 1 cada especie de árbol tiene la cantidad de individuos que se censaron siendo las Latifoliadas agrupación que incluye a los árboles de *Chloroleucon mangense*, *Gymnopodium floribundum*, *Neomillspaughia emarginata*, *Hampea trilobata*, *Malmea depressa*, y especies no identificadas, este grupo tiene el mayor número de individuos con un total de 78 árboles. Los árboles con nombre común *Eugenia* sp. y *Esenbeckia berlandieri* son las especies con menor número de individuos con 9 cada uno y conforman junto con otras 22 especies el 29% de la población total de árboles censados (figura 2).

El 21% de la población censada está conformado por 43 especies de los cuales la presencia es de 1 a 8 individuos, por lo que se considera poco representativo para los análisis que realiza el programa i-Tree, así que se omiten la discusión de ese porcentaje de especies en esta presentación de resultados.

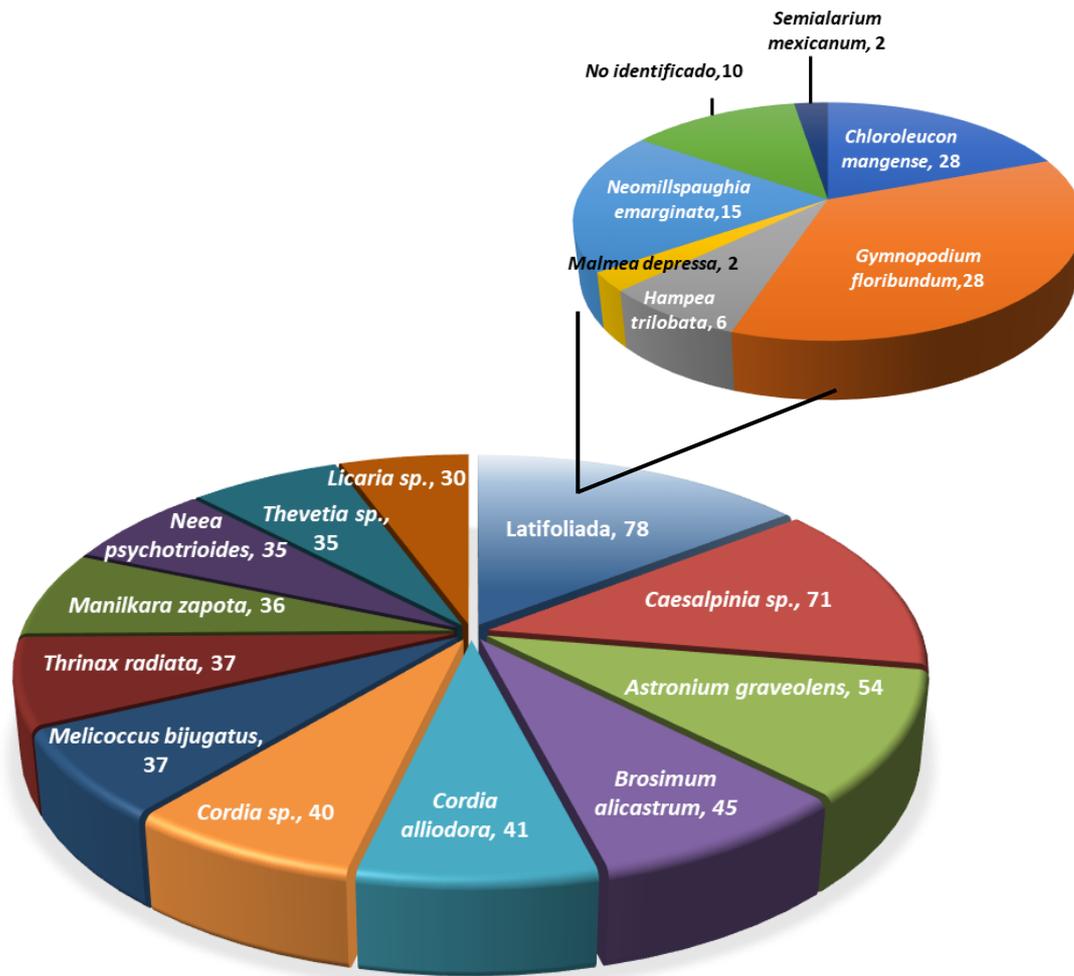


Figura 1. Árboles con mayor presencia en Parque La Ceiba conforman el 50% de la población.

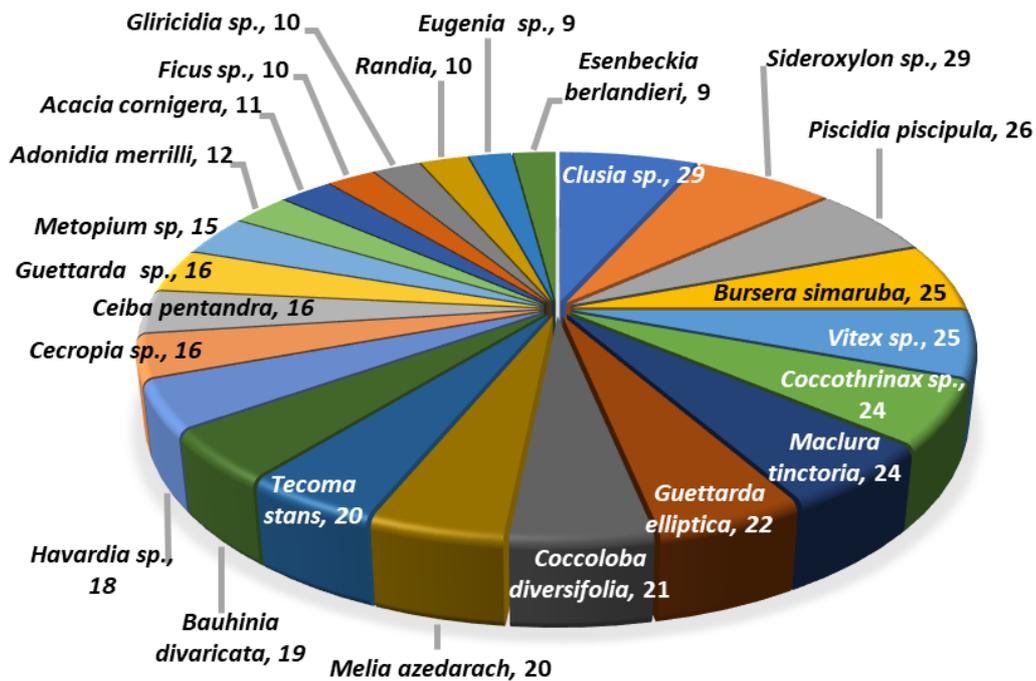


Figura 2. Árboles que representan el 29% de la población de Parque La Ceiba

3.2 Cantidades y densidad de árboles

3.2.1 Tamaño

El tamaño de los árboles es muy importante ya que junto con la especie es la variable que determina en las ecuaciones alométricas del programa, los beneficios ambientales y las características morfológicas que calcula el programa. Dentro de los dos posibles parámetros para indicar el tamaño de un árbol, el diámetro medido a la altura del pecho o DAP (altura 1.3 m del suelo) es el que más se utiliza.

Cabe mencionar que se midieron árboles a partir de los 10 cm de circunferencia del tallo o tronco, aunque cuando había varios tallos en un árbol se medían todos, aunque fueran menores a 10 cm para sumarlos después, estos tallos se medían a una altura de 0.90 m del suelo. El promedio de diámetro para la población fue de 13.4 cm con una variación del 64% o 8.7 cm, de tal manera que se puede afirmar que el grueso de la población está entre 5 y 22 cm de diámetro. En el cuadro 1 se presenta el resumen de los estadísticos de la población censada.

Estadístico	DAP (cm)	Altura (m)	Cobertura copa Cover (m ²)	Condición	AF (m ²)	Biomasa Hojas (kg)	IAF
Promedio	13.4	8.3	22.4	3.4	40.4	3.4	1.6
Desv. Estándar	8.7	3.3	41.0	0.9	65.5	5.3	1.1
Mínimo	1.6	1.4	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Máximo	54.4	18.0	1,034.9	6.0	855.5	64.1	7.1
Mediana	11.5	8.0	12.6	3.0	17.5	1.4	1.4
Rango para el 68% de la población							
Superior	22.08	11.55	63.40	4.28	105.92	8.73	2.68
Inferior	4.64	4.95	18.61	2.51	25.09	1.88	0.57

Cuadro 3. Resumen de los estadísticos de la población de árboles censados en Parque La Ceiba

En la figura 3 se muestra la distribución de la población por DAP o clase diamétrica, el 57 % de la población censada está por debajo 13.24 cm que es la media. De hecho, prácticamente 65.7% de la población está por debajo de los 15.2 cm como se indicó en el resumen ejecutivo. El conocimiento de esta cifra y su comportamiento es importante entenderlo para la evaluación de árboles, jerarquización de labores de mantenimiento, toma de decisiones sobre reemplazos, o cualquier otro manejo.

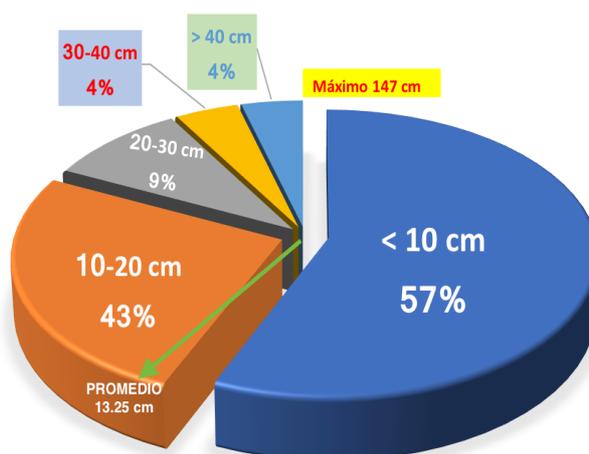


Figura 3. Distribución por clase diamétrica del total de árboles censados en Parque La Ceiba

La clase dimétrica más representativa de las 12 especies principales es del siguiente rango de 0.0-7.6 cm, 7.6-15.2 cm y 15.2-22.9 cm, esto refleja que las especies tienen individuos de diferentes años de crecimiento (Figura 4). Siendo los árboles de *Cordia alliodora*, *Neea psychotrioides* y *Melicoccus bijugatus* los que presentan individuos en el rango de clase diamétrica de 22.9 a 30.5 cm. El *Manilkara zapota* y la *Ceiba Pentandra* con el 3.3% y 1.5% de la población respectivamente presentan individuos con la última clase diamétrica de 38.1 - 61.0 cm.

Por ejemplo, *Cordia alliodora* presenta tres rangos representativos de clase diamétrica, la primera de 0.0-7.6 cm que representa el 51% del total de individuos censados de esta especie, lo cual indica que son árboles juveniles, segundo grupo presenta una clase diamétrica 7.6 - 15.2 cm el 20% de los individuos y la clase diamétrica 22.9-30.5 cm con 24% del total de árboles de la especie con más años de crecimiento (figura 4).

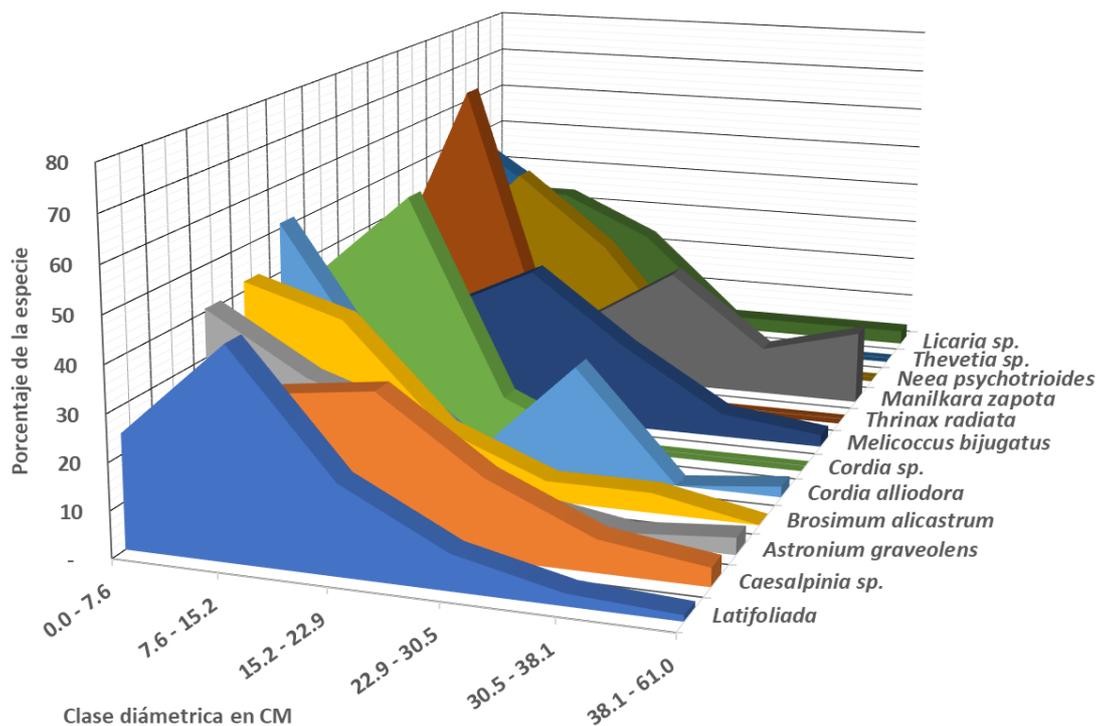


Figura 4. Clase diamétrica de las 12 especies considerados como principales.

De las doce especies principales la clase diamétrica presente en el mayor porcentaje de los árboles es de 0.0-22.9 cm por lo que se puede concluir que existe un arbolado joven o que por falta de espacio en el sitio tienen un crecimiento deficiente. El 73 % de los individuos de palma *Thrinax radiata* presentan una clase diamétrica con 7.6-15.2 cm. Las especies que tienen la menor clase diamétrica de 0.0 a 7.6 cm son el *Astronium graveolen*, *Brosimum alicastrum*, *Cordia alliodora*, *Cordia* sp., *Thevetia* sp. y *Licaria* sp., por lo que se puede considerar que este grupo de árboles presentan individuos en etapa juvenil o por el tipo de especies no llegan a tener un tronco o tallo grueso, aunque sean árboles en etapa adulta.

El segundo grupo de plantas representa el 29% de los árboles censados (Figura 5), este grupo de árboles tiene diversas clases diamétricas, algunos árboles como el *Sideroxylon* sp., *Acacia cornígera*, *Bauhinia divaricata*, *Esenbeckia berlandieri*, *Coccoloba diversifolia*, y *Cecropia* sp. presentan clase diamétrica en el rango de 0.0-22.29 cm. Los árboles que presentan individuos en el rango diamétrico de 22.9 - 30.5 cm son *Clusia* sp., *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba*, *Vitex* sp., *Maclura tinctoria*, *Guettarda elliptica*, *Melia azedarach*, *Havardia* sp., *Guettarda* sp., *Metopium* sp., *Ficus* sp., *Gliricidia* sp. y *Eugenia* sp.

3.2.2 Altura

El promedio de altura de los árboles fue de 8.3 m con un máximo de 18 m, un mínimo de 1.4 m y mediana de 8 m. (figura 6). La variación presentada fue de 3.3 m que equivale al 40% del promedio y significa que la población se encuentre entre los 5 y los 11.6 m de alto. Considerando que la vegetación de los alrededores de la ciudad es de tipo “Selva Baja Caducifolia” estas dimensiones no son sorpresa, sin embargo, es importante reconocer que el ambiente de la ciudad es un ambiente manipulado, creado por y para habitación del hombre, esta información es muy útil para medir o evaluar el manejo que se le dé al arbolado. Mejorando las condiciones del arbolado en Parque La Ceiba, los árboles pueden llegar al doble de la altura que presentan actualmente, es debido a esto que se ha designado un apartado en este reporte donde se describe estrategias de manejo del arbolado para lograr que la población alcance mayor altura y con esto un aumento de su masa foliar y canope.

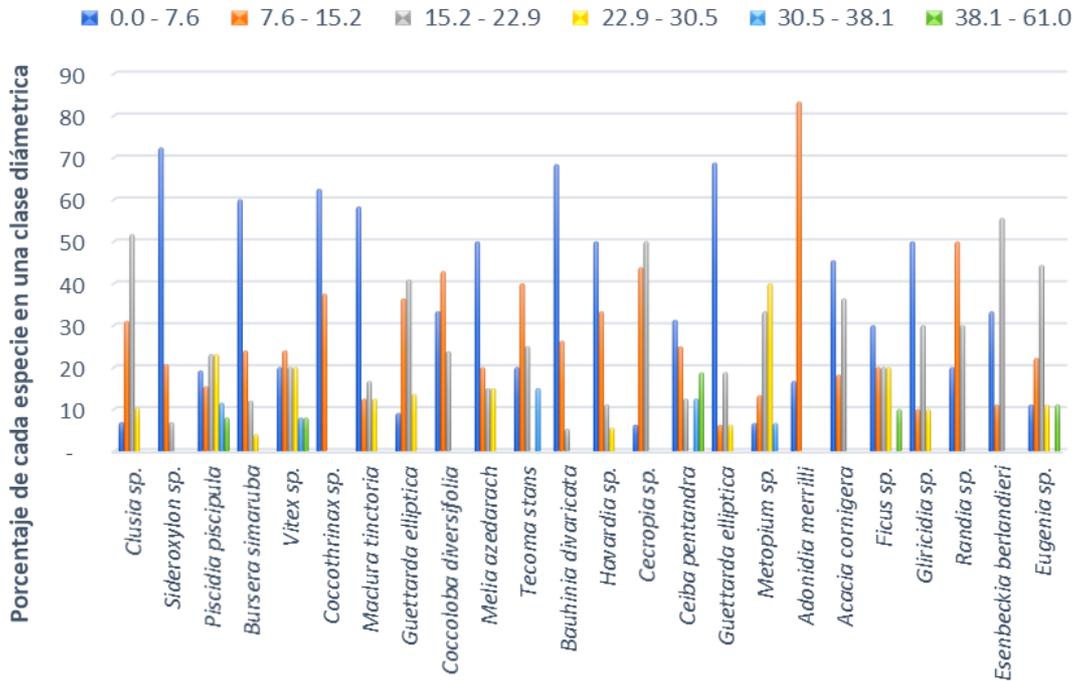


Figura 5. Clase diamétricas del 29% de la población de los árboles censados.

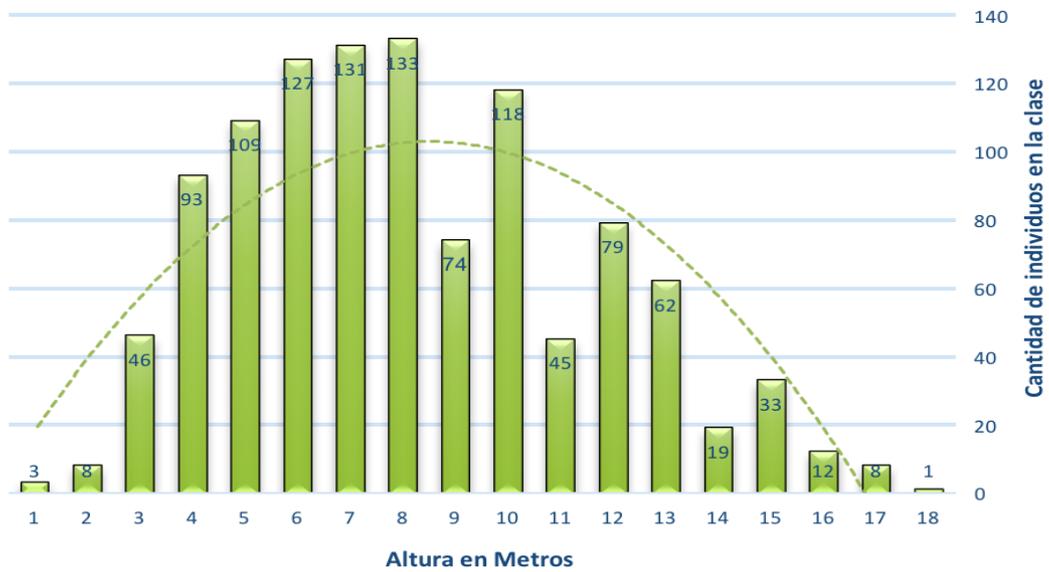


Figura 6. Distribución de la altura de los árboles censados en Parque La Ceiba

3.2.3 Condiciones

La calificación de copa es sumamente importante ya que son las hojas donde se realiza la fotosíntesis que fija el CO₂ y donde se almacenan las partículas de contaminantes. Las condiciones del arbolado se refieren más específicamente a la condición de la copa del árbol, que se evalúan siguiendo la metodología perfectamente descrita en el manual de toma de datos de campo del programa i-Tree Eco. Básicamente existen 7 niveles de condición de copa: bien, regular, pobre, crítico, muriendo, muerto, estas escalas de apreciación o categorías se utilizaron calificar la condición de copa de los árboles censados.

Además de la escala de apreciación de la condición de la copa, el i-Tree tiene varios campos para que el mismo programa pueda calcular con mayor precisión el tamaño de copa, esos parámetros son longitud en metros (m) en las direcciones N-S y E-O, altura de la base de la copa, altura de la copa y porcentaje de copa faltante. Todos estos parámetros se incluyeron en el perfil del proyecto para medirse y son los datos que utiliza el programa en el cálculo de todo lo que tenga que ver con follaje que sería desde secuestro de carbono, área foliar, biomasa y otros.

En la figura 7 se observa las 12 especies más numerosas que conforman el 50% de la población del Parque La Ceiba y se concluye según la escala de apreciación que la mayoría de los árboles tienen condiciones de copa de pobre (estrato verde) crítico (estrato morado) y muriendo (estrato azul claro), solo la especie *Cordia* sp., presenta un 15%, *Caesalpinia* sp. 4%, *Manilkara zapota bijugatus* y *Neea psychotrioides* con el 3% de la población con copa bien (estrato azul fuerte) del total de individuos censados de cada especie.

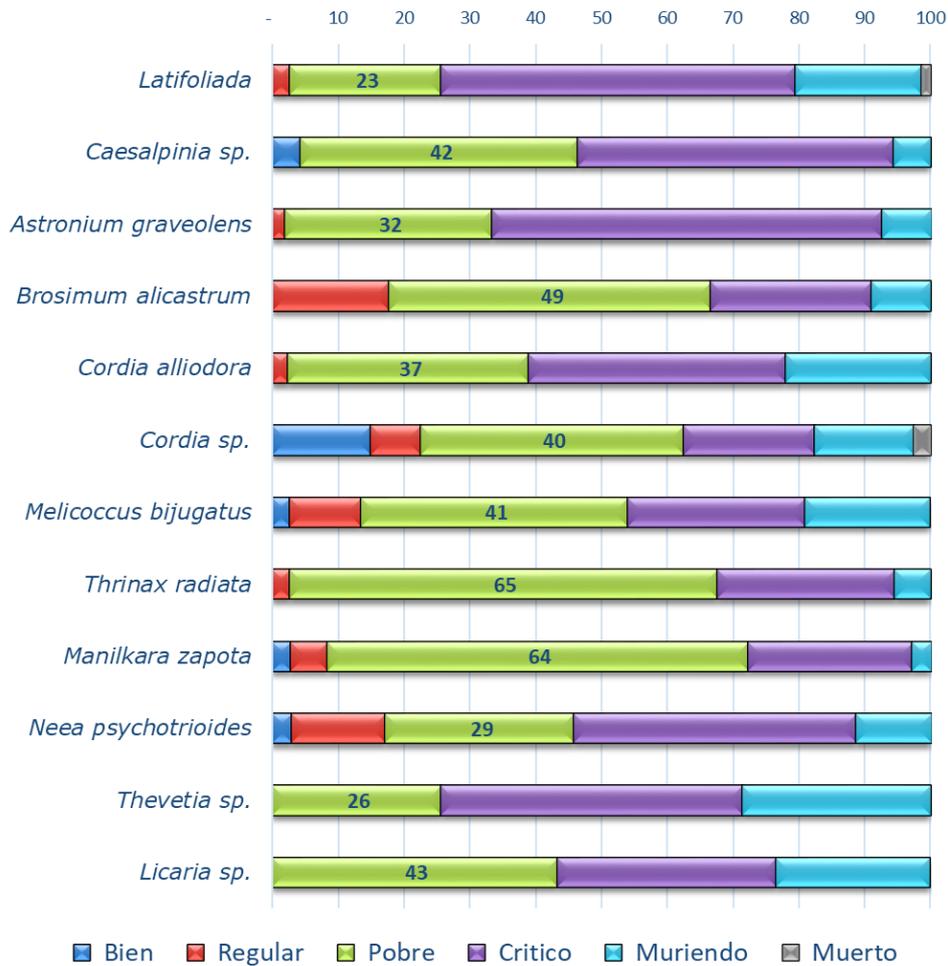


Figura 7. Condición de copa de las 12 especies más numerosas en Parque La Ceiba

En la figura 8 se presenta el estadístico de condición de copa del 29% de árboles del Parque La Ceiba formado por 24 especies. Siguiendo la escala de apreciación de la condición de copa de los árboles la situación que presentan es alarmante ya que la mayoría de los individuos se encuentran entre la condición de copa de pobre (estrato azul claro), crítico (estrato morado y muriendo (estrato rojo). La especie de *Adonidia merrilli* presenta un 50% de condición de copa bien (estrato gris), el *Ficus sp.*(20%) y *Esenbeckia berlandieri* (11%) una copa regular (estrato amarillo); el *Tecoma stans* y el *Guettarda sp.* presentan individuos en condición muriendo (estrato rojo).

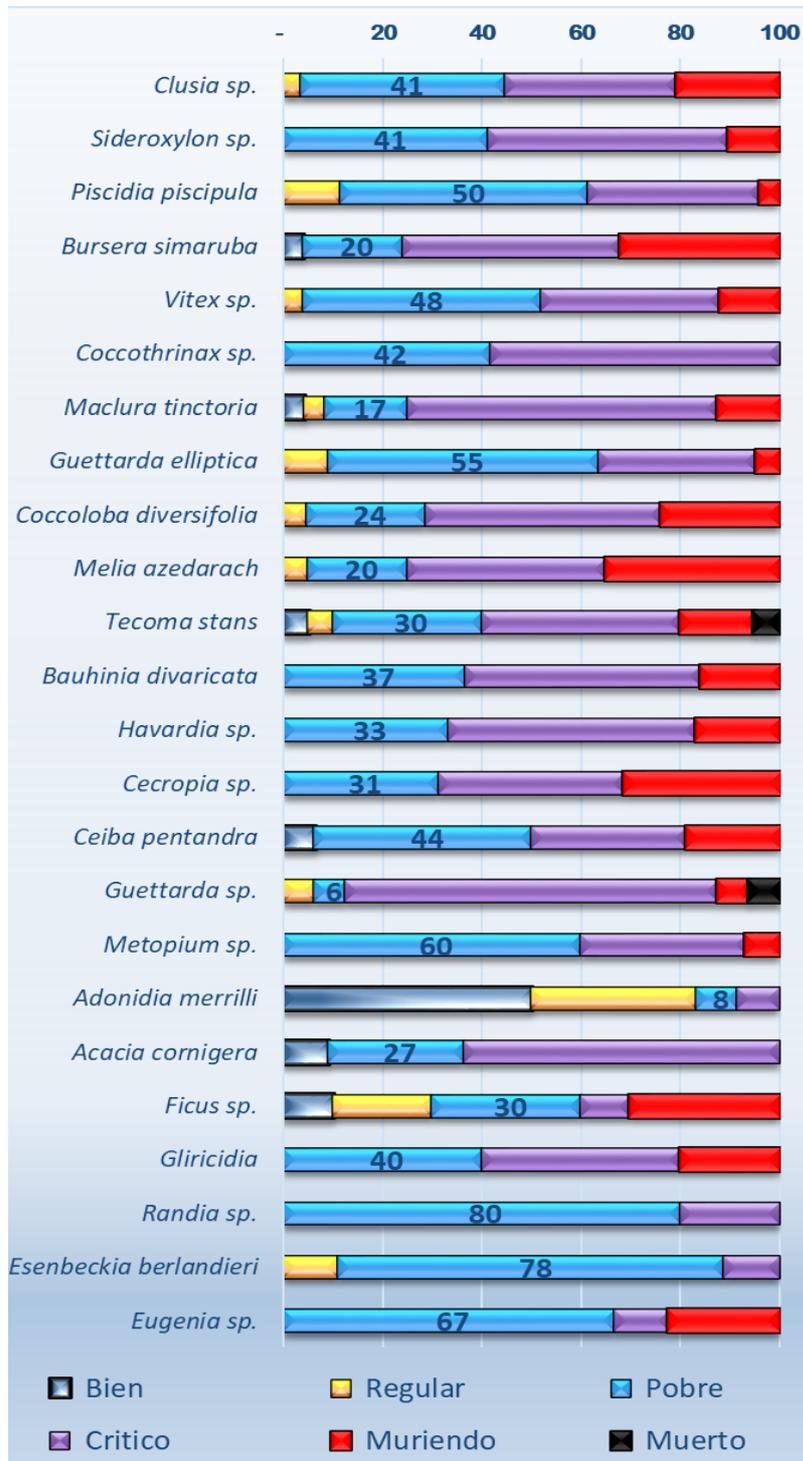


Figura 8. Condición de copa del 29% de árboles censados en Parque La Ceiba

Al realizar el análisis de las condiciones de copa de la población de árboles censados, únicamente un 2 % tiene copa en bien, esto es debido al poco, pobre o nulo manejo que se ha tenido el arbolado del Parque La Ceiba (Figura 9).

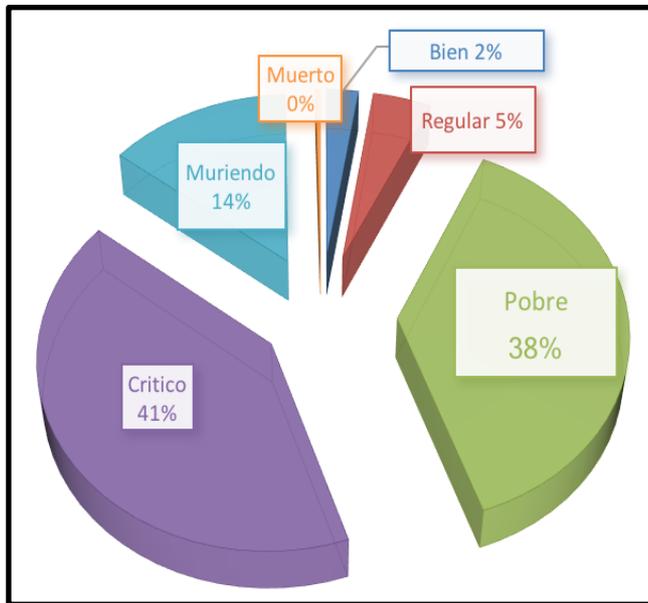


Figura 9. Condición de copa de la población de árboles censada en Parque La Ceiba.

La calificación de la copa del árbol es importante debido a que también son las hojas las que frenan el golpe del agua de lluvia que reduce la erosión y aumenta la infiltración en el suelo por lo que la correcta estimación de la copa es muy importante. Y debido a la importancia del canope de los árboles es necesario realizar un manejo y mantenimiento adecuado para propiciar un mejor desarrollo.

3.2.4 Índices biológicos

Los índices biológicos que calcula el i-Tree desde los parámetros dasométricos son el **Valor de Importancia (VI)** y el **Índice de Desempeño Relativo (IDR, o Relative Performance Index o RPI)** que sirven para analizar y comparar especies entre ellas. Estos índices son útiles en la selección de especies.

El Valor de Importancia se calcula simplemente sumando el % de la población de la especie al % del área foliar de la especie del total de todo el inventario, de tal manera que el follaje se convierte en un factor importante. En la figura 10 se puede observar que *Caesalpinia* sp., tiene un valor de importancia de 15.70% con 71 individuos censados, el segundo en valor de importancia son las Latifoliadas con 14.10% cuando este grupo está formado por 78 individuos, el tercer lugar de importancia es para *Manilkara zapota* con 10.40% (36 individuos censados) esto es debido a que son plantas adultas y presentan un denso follaje en comparación con

Brosimum alicastrum del cual se censaron 45 individuos pero su valor de importancia es de 7.3% debido a que su área foliar no es abundante, esto puede ser causado porque se encuentran bajo la sombra de otros árboles más desarrollados o el árbol se encuentran en etapa juvenil, además de que al estar cercano un individuo de otro cuentan con un mínimo de espacio para desarrollarse y crecer adecuadamente.

Para el grupo de 24 especies (29% de la población) el Valor de Importancia (VI) en *Piscidia piscipula* es de 8.7 % con 26 individuos censados que presentan abundante follaje ya que son árboles adultos y la *Ceiba pentandra* tiene un VI de 6.20 con 16 individuos censados (Figura 11), esto es debido a que la *C. pentandra* es un árbol de gran tamaño y abundante follaje. Para *Clusia sp.* y *Sideroxylon sp.* ambos con 29 individuos, presentan un VI de 5.2 y 3.4 respectivamente esto es porque el área foliar de estos árboles es menor en comparación con los que presentan un mayor VI aunque con menos individuos. La diferencia de Valor de importancia es debido a las diferencias que hay en el canope ya que entre más desarrollado y abundante tendrá un mayor VI, por ejemplo, el *Clusia sp.* es más, abundante que el de a diferencia del *Sideroxylon sp.*

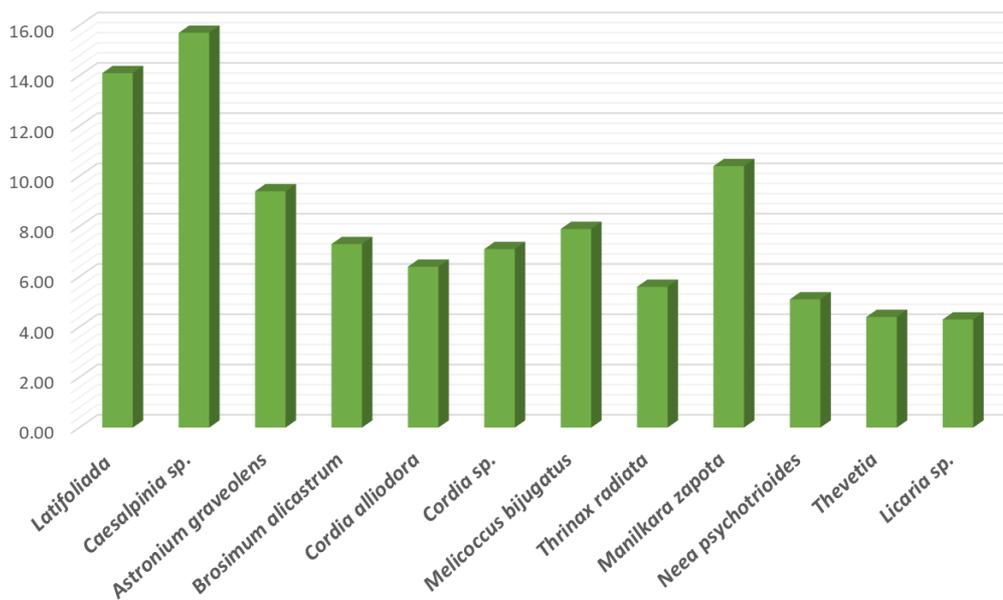


Figura 10. Valor de importancia de las 12 especies más numerosas de Parque La Ceiba

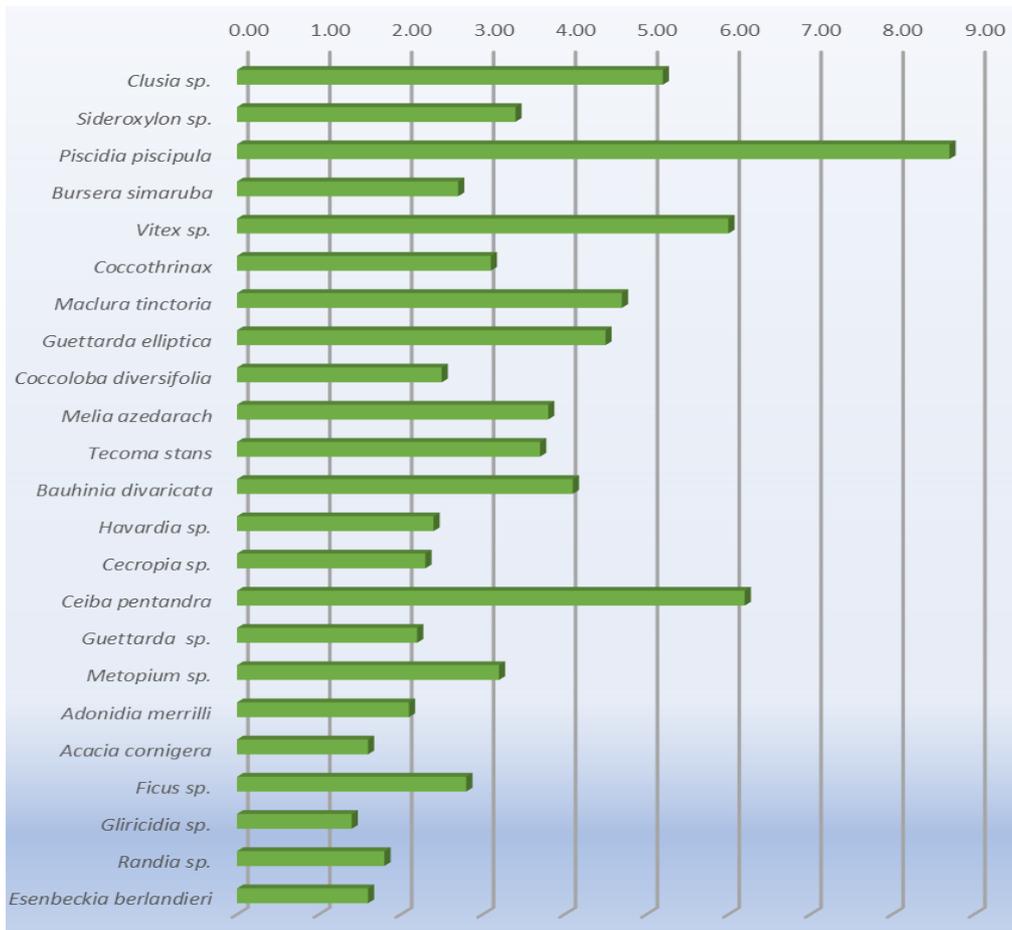


Figura 11. Valor de importancia de las 24 especies que representan el 29% de árboles en Parque La Ceiba.

El Índice de Desempeño Relativo (IDR) es un índice que compara especies bajo unas mismas condiciones y básicamente divide el % de la especie en buenas condiciones entre el promedio de toda la población, de esta manera si las condiciones son mejores que el promedio el índice es mayor a uno y viceversa si son menores el índice es menor que la unidad, la lógica detrás de esto es que se comparan todas las especies entre sí y se señalan las que están por arriba de la media (Freilicher, M. 2010).

Para el cuadro 4 son 33 especies las que se encuentran en mejores condiciones que el promedio, el de mayor IDR es la *Adonidia merrilli* y *Pseudophoenix sargentii* con 1.80 y 1.42 de IDR respectivamente debido a que producen canopes en buenas condiciones, el número de individuos censado por especie no influye de manera concluyente en el IDR ya que como es el caso de *Casimiroa sp.* solo se censo un individuo pero presenta un IDR de 1.35 a diferencia del

Manilkara zapota que con 36 y el *Brosimum alicastrum* con 45 individuos, presentan IDR de 1.20 y 1.14 respectivamente. Este grupo de árboles con IDR por arriba de la unidad indica una buena adaptabilidad en el área sembrada del Parque La Ceiba.

Cuadro 4. Árboles que presentan un IDR mayor a 1.

Especie	IDR	# de árboles
<i>Adonidia merrilli</i>	1.80	12
<i>Pseudophoenix sargentii</i>	1.42	3
<i>Casimiroa</i> sp.	1.35	1
<i>Euphorbia</i> sp.	1.35	2
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	1.24	9
<i>Psidium guajava</i>	1.24	6
<i>Ficus</i> sp.	1.22	10
<i>Cordia</i> sp.	1.20	40
<i>Diphysa</i> sp.	1.20	3
<i>Manilkara zapota</i>	1.20	36
<i>Randia</i> sp.	1.20	10
<i>Piscidia piscipula</i>	1.16	26
<i>Acacia cornigera</i>	1.14	11
<i>Brosimum alicastrum</i>	1.14	45
<i>Guettarda elliptica</i>	1.14	22
<i>Chrysolepis</i> sp.	1.13	1
<i>Pimenta dioica</i>	1.13	2
<i>Plumeria rubra</i>	1.13	1
<i>Roystonea regia</i>	1.13	1
<i>Thevetia peruviana</i>	1.13	1
<i>Trema micrantha</i>	1.13	4
<i>Thrinax radiata</i>	1.12	37
<i>Ceiba pentandra</i>	1.11	16
<i>Spondias mombin</i>	1.10	7
<i>Melicoccus bijugatus</i>	1.08	37
<i>Metopium</i> sp.	1.07	15
<i>Eugenia</i> sp.	1.06	9
<i>Malpighia glabra</i>	1.05	4
<i>Coccothrinax</i>	1.04	24
<i>Neea psychotrioides</i>	1.04	35
<i>Caesalpinia</i> sp.	1.02	71
<i>Tabebuia rosea</i>	1.00	5
<i>Vitex</i> sp.	1.00	25
Total		531

Algunos ejemplos de especies con IDR por debajo de la unidad son *Coccoloba* sp., *Lonchocarpus* sp., *Annona squamosa*, *Simarouba glauca*, árboles que presentan mala condición en del canope

posiblemente por falta de mantenimiento, presencia de alguna plaga o debido a que están muy cerca entre sí y compiten por la luz y nutrientes del suelo.

4. Servicio Ambiental del Arbolado.

Conocer el servicio ambiental que nos brindan los árboles es muy importante ya que es la manera ideal de guiar trabajos específicos de mejora del arbolado a través de establecer metas ambientales que naturalmente implican mejoras en las condiciones de copa, selección de especies y programas de arborización y sobrevivencia efectivos. Es decir, el establecer metas en función a cualquier indicador ambiental permite englobar varias estrategias de manejo en un solo resultado y de esta manera orientar y justificar diferentes trabajos y sobre todo es más fácil y significativa la evaluación de los esfuerzos. Por ejemplo, si se plantea aumentar en cierto porcentaje la cantidad de secuestro de carbono al año habrá que incrementar el tamaño de los árboles existentes, sembrar especies eficientes y la evaluación se puede hacer en parcelas permanentes de muestreo, donde se mida el crecimiento de los árboles y se convierta esta información a servicio ambiental con la herramienta i-Tree Eco.

4.1 Fijación de CO₂

La fijación de CO₂ tiene dos componentes; el primero se refiere a la cantidad de carbono ya fijo en la madera al momento de realizar el inventario y el segundo a la capacidad que tienen los árboles para secuestrar CO₂ durante un periodo, que normalmente es de un año. El primer valor se determina por la cantidad de madera y es directamente proporcional al tamaño del árbol y, muy importante, está en función a la especie por la influencia que tiene esta sobre la densidad de la madera. Este indicador se utiliza también para calcular el valor estructural del arbolado ya que entre más madera exista más valor tiene el arbolado (Figura 12)

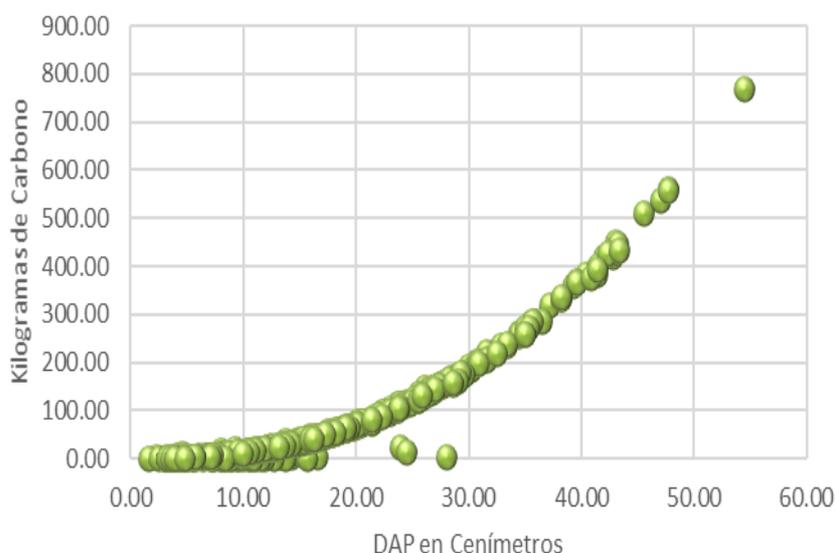


Figura 12. Relación del DAP con el C almacenado en la población de árboles de Parque La Ceiba

La capacidad de secuestro de carbono anual y por supuesto la fijación de contaminantes, dependen de la cantidad del follaje y del tipo de hoja que a su vez depende de la especie. No es lo mismo una hoja/canope de un *Ficus* sp., comparada con la hoja/canope de un *Lysiloma latisiliquum*, por tamaño, grosor y eventualmente por cantidad expresada en biomasa o área foliar, ambos parámetros se pueden obtener con el i-Tree.

Para el Parque La Ceiba el carbono anual secuestrado es de 3.183 t/año. La figura 13 se hace el comparativo de que a mayor canope mayor secuestro de toneladas de carbono.

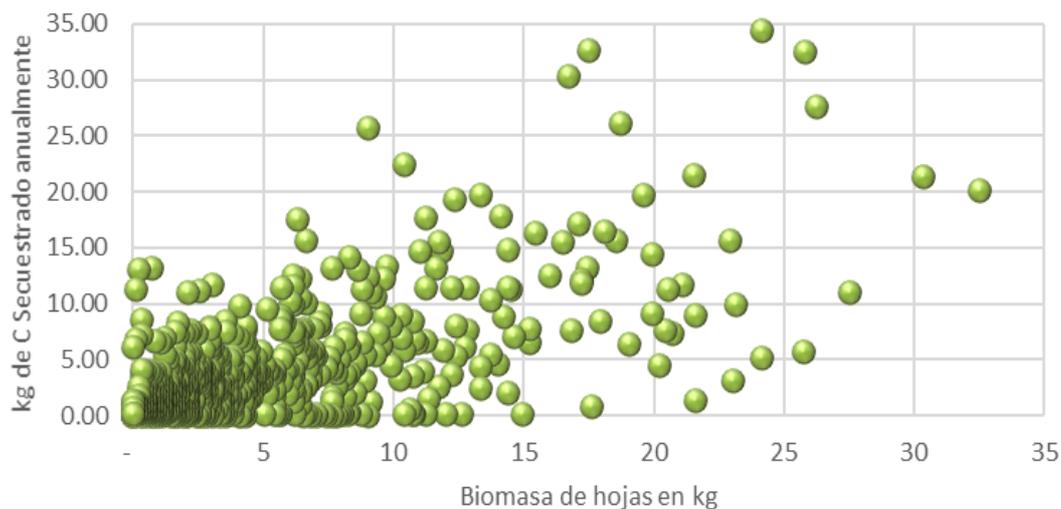


Figura 13. Relación de biomasa de hojas con la capacidad de secuestro de carbono en los árboles de Parque La Ceiba.

En la figura 14, se grafican las especies principales del Parque La Ceiba donde se puede observar que el *Caesalpinia* sp. es la especie que tiene 6,000 kg de carbono almacenado como madera sin embargo en el secuestro anual de carbono es más eficiente en *Manilkara zapota* teniendo 6,500 kg de carbono secuestrado esto es debido a que presenta mayor abundancia en su canope o follaje a diferencia de las otras especies ya sea porque sus hojas son pequeñas o presentan un número limitado como en la palma *Thrinax radiata* donde su almacenamiento y secuestro de carbono es menos de 1,000 kg al año. Las Latifoliadas, *Melicoccus bijugatus*, *Astronium graveolens*, *Cordia alliodora* y *Brosimum alicastrum* son árboles con mayor eficiencia en el secuestro de carbono que en la fijación anual. Los árboles presentes en la figura 12 debido al secuestro y fijación de carbono que realizan es importante que se conserven en el área del Parque, o se reforesten si por edad o condiciones climáticas resultan dañados.

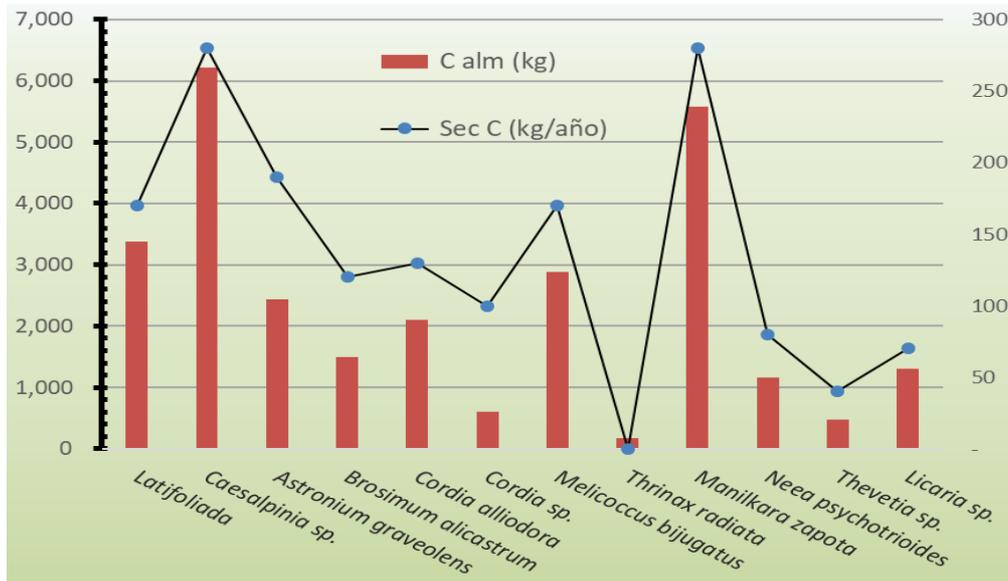


Figura 14. Carbono fijo o almacenado y carbono secuestrado anual por los principales árboles de Parque La Ceiba

Es importante aclarar para evitar confusiones, que cuando se habla de carbono se refiere al átomo de carbono que tiene un peso atómico de 12, mientras que cuando se habla de CO₂ se habla de una molécula que pesa 44 (por los 2 oxígenos de 16). Por otro lado, el secuestro de carbono se mide en términos de un período, que normalmente es un año, y tiene que ver con la eficiencia fotosintética de las especies y por lo tanto con la cantidad de hojas, tipo y tamaño de las mismas. Debido a esto en la figura 13 vemos el C secuestrado en 2016 por las 19 especies de árboles que conforman prácticamente el 60% de la población total. Un aspecto importante de reconocer el valor ambiental en los árboles es transmitirlos a los beneficiarios o público en general para que los valoren y los cuiden.

En la figura 15 se presenta el carbono almacenado (kg) y su equivalente en CO₂ (kg) de 19 especies. Para la especie *Caesalpinia sp.*, *Manilkara zapota* y las Latifoliadas presentan una alta cantidad de almacenamiento de carbono y equivalencia en CO₂. A diferencia de las especies de *Metopium sp.*, *Ficus sp.*, *Gutterda elliptica*, *Licaria sp.*, por ejemplificar algunas donde el carbono almacenado es menor a su equivalencia en CO₂

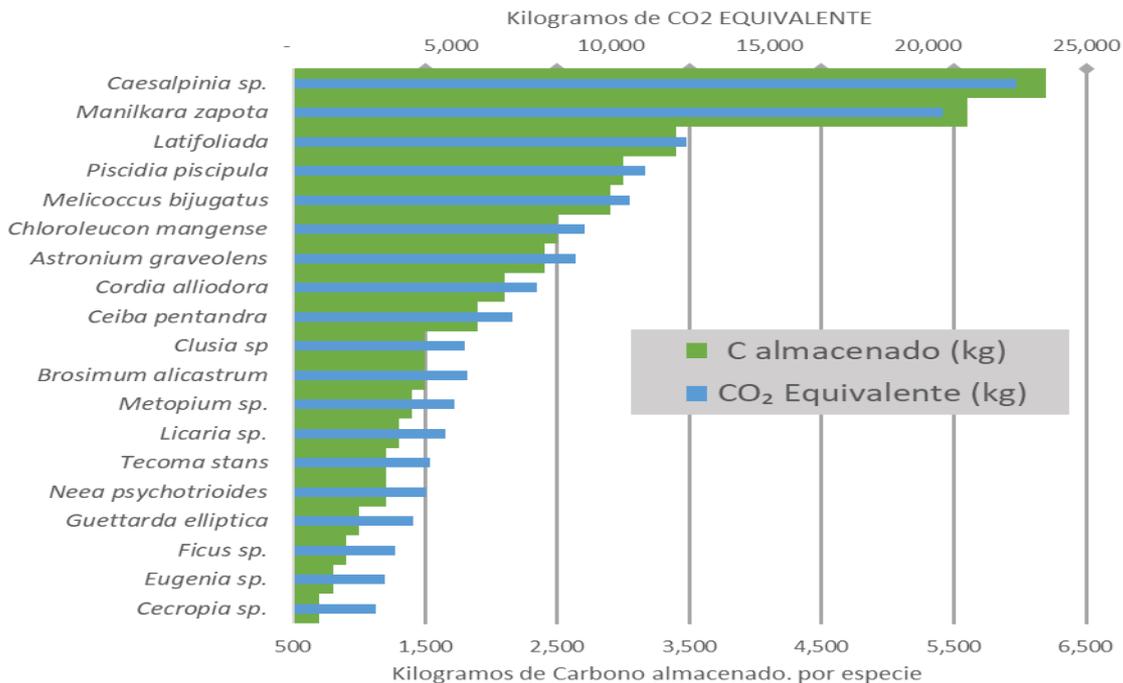


Figura 15. Especies con más C almacenado y su equivalente en CO₂ en Parque La Ceiba.

4.2 Fijación Neta de Carbono

Los árboles como todo ser vivo respiran dióxido de carbono (CO₂) y liberan Carbono (C), afortunadamente liberan mucho menos de lo que alcanzan a fijar en las cadenas de lignina de la madera. El secuestro de carbono es un servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar o fijar el carbono atmosférico en forma de biomasa. En la figura 16 se ejemplifica los kilogramos de C que secuestran 21 especies de árboles y la equivalencia en CO₂. El C secuestrado y su equivalencia en CO₂ presenta diferencias significativas en las especies ejemplificadas en la figura 16, ahí se muestra la cantidad de C neto (kg) secuestrado (línea de colores) y que el árbol fijará convirtiéndolo en su biomasa y su equivalente a carbono bruto (CO₂) ambiental (línea verde).

Para los árboles censados en Parque La Ceiba (figura 16) se observa que en todas las especies el secuestro de C es tres veces menor que su equivalente de CO₂ en el mismo período de tiempo, por ejemplo, las especies *Melia azedarach*, *Maclura tinctoria* y *Cecropia sp.*, tienen 50 kg de carbono secuestrado y una equivalencia de 150 kg de de CO₂. Una situación idéntica se puede observar para los árboles que secuestran mayor cantidad de C como *Piscidia piscipula*, *Manilkara zapota* y *Caesalpinia sp.* donde el secuestro de C de estas especies es de aproximadamente 280 kg, pero su equivalencia CO₂ es aproximadamente 1,150 kg es decir cuatro veces mayor.

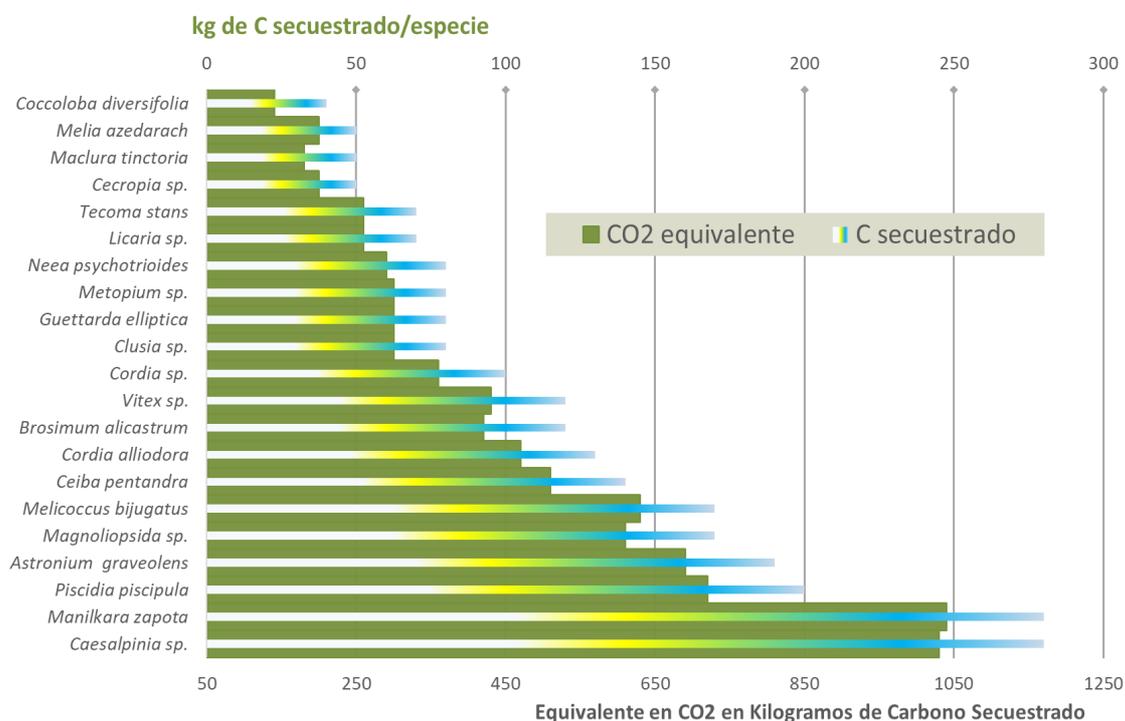


Figura 16. Secuestro de C y su equivalente en CO₂ para las especies de árboles censados en Parque La Ceiba

4.3 Incremento en infiltración

El incremento en infiltración que logran los árboles es por dos efectos. El primero es por los canales o perforaciones que en el suelo hacen las raíces que aceleran la infiltración el agua al subsuelo. El segundo es por el efecto de desaceleración de las hojas a las gotas de lluvia que permite que caigan más despacio y menos intenso que a su vez, permite su absorción por el suelo al mismo tiempo que reduce la erosión por el golpe. Además, si la lluvia no es torrencial existe una intercepción de agua en las hojas que se queda en la superficie y eventualmente se vuelve a evaporar al medio pero que no llega la suelo y por lo tanto no causa ni erosión ni drenaje porque no se infiltra. Este servicio es totalmente dependiente del tipo de arbolado, especie y sus características de raíces y hojas.

La transpiración es la cantidad de agua que se mueve a través de la planta y se libera en la atmosfera, mientras que la evaporación en los árboles es la cantidad de agua liberada a la atmosfera desde la superficie de la planta (hojas y tallo). Estos valores dependen de lo exuberante del follaje en el canope y en este momento sirven como base para futuras comparaciones que se puedan realizar. Cabe mencionar que entre mayor sea el valor de transpiración e intercepción y consecuente evaporación del agua, el arbolado estará en mejores

condiciones de proveer una mejor sensación de frescura y humedad. En el cuadro 5 se describen 23 especies y sus efectos de infiltración y reducción de escorrentía.

Cuadro 5. Efecto sobre la infiltración y reducción del drenaje de las especies más numerosas en Parque La Ceiba.

Nombre	# árboles	% de la población	área foliar (ha)	Potencial Evo transpiración (m ³ /año)	Evaporación m ³ /año	Transpiración m ³ /año	Agua interceptada m ³ /año	Evitar escorrentía m ³ /año
Total	1101	100	4.45	9353.55	1288.16	2607.69	1297.06	285.87
<i>Ceiba Pentandra</i>	16	1.5	0.21	442.90	60.99	123.48	61.42	13.54
<i>Astronium graveolens</i>	54	6.4	0.20	423.65	58.34	118.11	58.75	12.95
<i>Metopium sp.</i>	15	1.4	0.08	169.21	23.30	47.17	23.46	5.17
<i>Piscidia piscipula</i>	26	2.4	0.28	589.07	81.13	164.23	81.69	18.00
<i>Maclura tinctoria</i>	24	2.2	0.11	239.82	33.03	66.86	33.26	7.33
<i>Neea psychotrioides</i>	35	3.2	0.08	175.73	24.20	48.99	24.37	5.37
<i>Vitex sp.</i>	25	2.3	0.16	345.53	47.59	96.33	47.91	10.56
<i>Manilkara zapota</i>	36	3.3	0.32	666.23	91.75	185.74	92.39	20.36
<i>Caesalpinia sp.</i>	71	6.4	0.41	862.62	118.80	240.49	119.62	26.36
<i>Clusia sp.</i>	29	2.6	0.11	239.73	33.02	66.84	33.24	7.33
<i>Guettarda elliptica</i>	22	2	0.11	238.67	32.87	66.54	33.10	7.29
<i>Licaria sp.</i>	30	2.7	0.07	150.07	20.67	41.84	20.81	4.59
<i>Thevetia sp.</i>	35	3.2	0.06	116.84	16.09	32.57	16.20	3.57
<i>Coccothrinax sp.</i>	24	2.2	0.04	89.27	12.29	24.89	12.38	2.73
<i>Brosimum alicastrum</i>	45	4.1	0.14	304.27	41.90	84.83	42.19	9.30
<i>Melicoccus bijugatus</i>	37	3.4	0.20	424.91	58.52	118.46	58.92	12.99
<i>Muntingia calabura</i>	8	<0.01	0.05	112.97	15.56	31.49	15.66	3.45
<i>Tecoma stans</i>	20	1.8	0.80	176.92	24.36	49.32	24.53	5.41
<i>Ficus sp.</i>	10	<0.01	0.80	173.00	23.48	48.23	23.99	5.29
<i>Bauhinia divaricata</i>	19	1.7	0.10	220.21	30.33	61.39	30.54	6.73
<i>Melia azedarach</i>	20	1.8	0.09	185.32	25.52	51.66	25.70	5.66
Latifoliadas	78	7.1	0.31	653.70	90.03	182.25	90.65	19.98
<i>Cordia sp.</i>	40	3.6	0.15	321.02	44.21	89.50	44.52	9.81

En el cuadro 5 las especies con mayor área foliar son el *Ficus sp.* y *Tecoma stans* con 0.80 ha cada uno, son árboles con copas amplias, sin embargo, no son de las especies más numerosas censadas en Parque La Ceiba ya que solo tienen 10 y 20 individuos respectivamente. Las plantas con mayor potencial de evapotranspiración son el *Manilkara zapota* con 666.23 m³/año, *Caesalpinia sp.*, con 862.62 m³/año, el grupo de las Latifoliadas con 653.70 m³/año y *Piscidia piscipula* con 589.07 m³/año estas cuatro especies de plantas también tienen las más altas cantidades de transpiración, agua interceptada y evitan la escorrentía, son árboles que crecen a 10 metros o más de altura y generan temperatura “fresca” debajo de sus copas, por lo que hacen el microclima agradable, también evitan que el suelo se erosione por las lluvias ya que reciben el impacto directo de las gotas de lluvia, que posteriormente cae al suelo con menor velocidad y cantidad permitiendo que el agua se filtre por el suelo evitando que quede fangoso el parque.

Las especies como el *Neea psychotrioides*, *Vitex sp.*, *Clusia sp.*, *Thevetia sp.*, *Brosimum alicastrum*, *Melicoccus bijugatus*, *Licaria sp.*, y la palma *Coccothrinax sp.*, censados en Parque La Ceiba no son tan eficientes en el servicio ambiental que brindan, aunque presentan 20 o más individuos, esto es debido a que no tienen amplia área foliar, y como consecuencia presentan baja evaporación, transpiración, e interceptan una mínima cantidad de agua para evitar la escorrentía. La especie *Brosimum alicastrum* es un árbol reportado que alcanza crecimiento hasta de 20 metros, sin embargo, en Parque La Ceiba no llegan a esa altura ya que los individuos están muy cercanos así que no cuentan con el suficiente espacio para crecer.

Basados en los datos que se obtuvieron en el censo de árboles realizado en Parque La Ceiba se puede observar que la cantidad de individuos no es proporcional al servicio ambiental que brindan por ejemplo la especie *Ceiba Pentandra* con 16 individuos (1.5% de la población) y *Astronium graveolens* con 54 individuos (6.4% población) tiene un área foliar, potencial de evapotranspiración, agua interceptada y evitan escorrentía en cantidades cercanas como se observa en el cuadro 5. Es similar en el caso del *Astronium graveolens* con 25 individuos (2.3 % de la población) y el *Brosimum alicastrum* con 45 individuos (4.1% de la población). Esto es debido a que el servicio ambiental está más relacionado al crecimiento sano que tienen los árboles (altura, tamaño de copa, DAP, etc) y no a la cantidad de individuos.

4.2.1 Reducción de escorrentía

La escorrentía superficial es una preocupación, ya que puede contribuir a la contaminación de humedales, ríos, y océanos. Durante los eventos de precipitación una parte es interceptada por la vegetación (árboles y arbustos) mientras que la otra parte llega al suelo. La porción de la precipitación que alcanza el suelo y no se infiltra se convierte en escorrentía superficial (Hirabayashi, 2012).

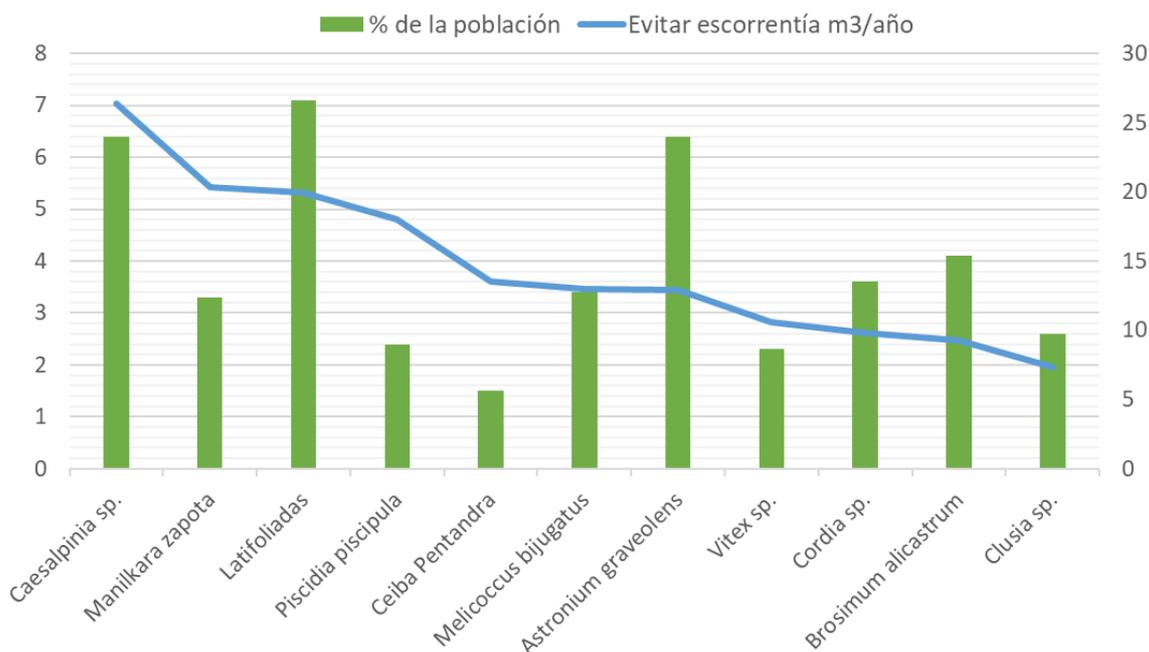


Figura 17. Especies con mayor impacto en evitar la escorrentía en Parque La Ceiba.

En las áreas urbanas la gran extensión de superficies impermeables aumenta la cantidad de escorrentía superficial. Sin embargo, los árboles y arbustos interceptan la precipitación mientras que sus sistemas de raíces promueven la infiltración y el almacenamiento en el suelo.

En la figura 17 se presentan los árboles censados en Parque La Ceiba que tienen impacto sobresaliente en la reducción de la escorrentía por ejemplo el grupo de las Latifoliadas que son el 7.10% de la población (barra verde en gráfica) evitan la escorrentía con 19.98 m³/año (línea azul en gráfica), siguiéndole *Caesalpinia sp.* y *Astronium graveolens* ambos con 6.4 de la población diferencian en la escorrentía que evitan, la primera especie con 26.36m³/año y la segunda con 12.99 m³/año, esto es debido al tipo de hoja y al tamaño de copa que presenta cada especie.

En la figura 18 se tienen 32 especies y la reducción de *escorrentía* que realizan al año. El total de la escorrentía que evitan los 1,101 árboles censados es de aproximadamente, 286 m³/año con

un valor asociado de Mex \$12,761.45. La estimación de la escorrentía se basa en el clima local y en Playa del Carmen, la precipitación anual total en 2015 fue de 158.0 centímetros.

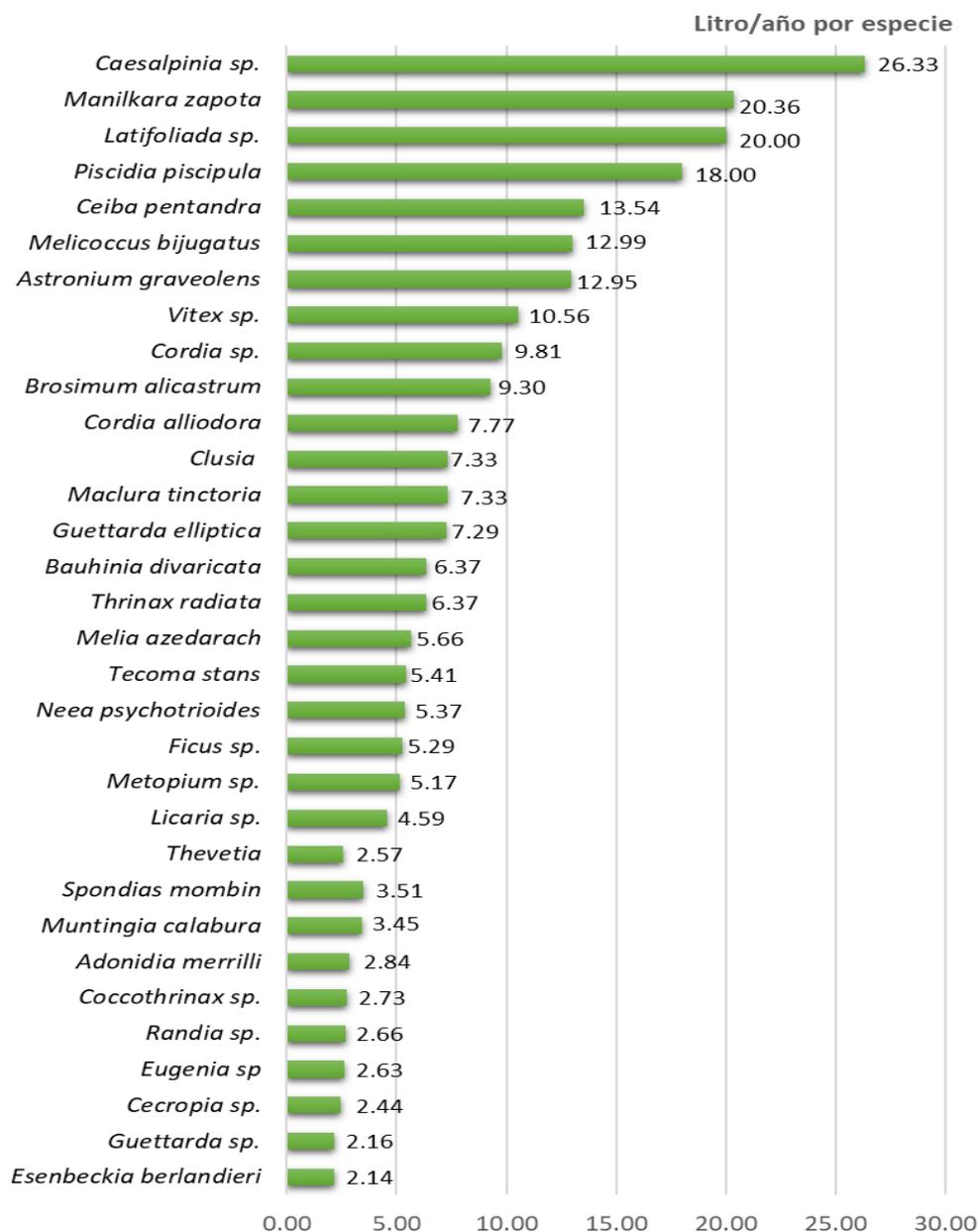


Figura 18. Reducción de la escorrentía por las principales especies de árboles de parque La Ceiba (286 metros $m^3/año$ - Mex\$ 12,761.45/año)

La escorrentía superficial anual evitada se calcula con base en la interceptación de la lluvia por la vegetación, aunque las hojas de los árboles, las ramas y la corteza pueden interceptar la precipitación y así mitigar la escorrentía superficial, solo la precipitación interceptada por las hojas se contabiliza en este análisis. En la Figura 19 se muestra la relación que existe entre los metros cuadrados de cobertura de la copa de los árboles censados y los litros anuales que se retienen, donde se puede observar que a mayor densidad de copa mayor retención de escorrentía ya que en 20 m² de una densa cobertura de copa se retienen más de 2000.00 lt de agua a diferencia de una cobertura escasa en 160 m² donde la retención de agua es menos de 500 lt por año.

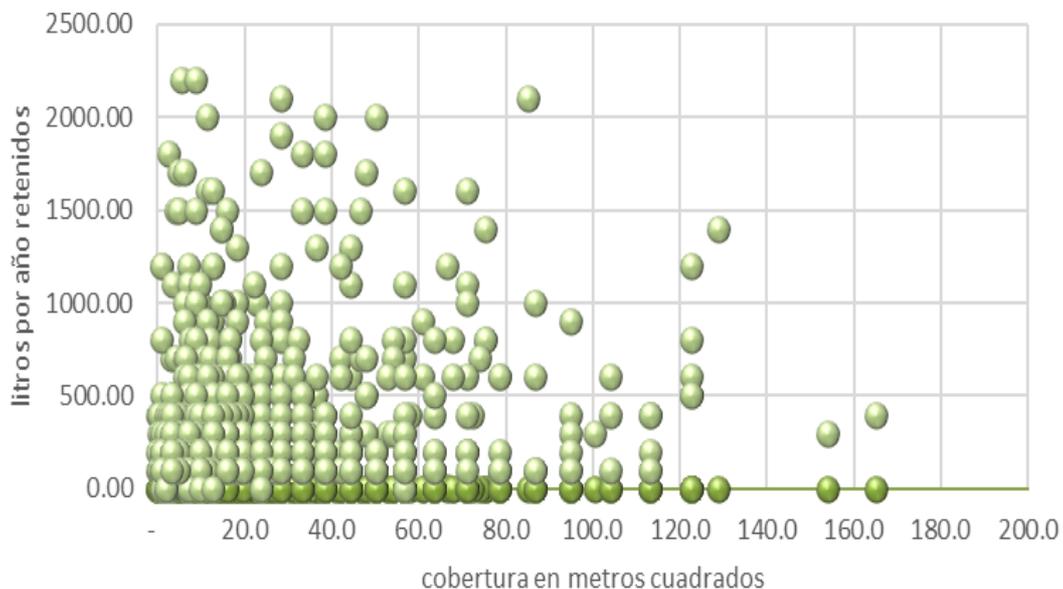


Figura 19. Cobertura de copa en m² de los árboles censados en Parque La Ceiba y su relación con la reducción de escorrentía en litro/año.

4.3. Producción de oxígeno

Otro servicio ambiental es la liberación de oxígeno por causa de la fotosíntesis que es un servicio complementario y aditivo a la fijación de CO₂. La producción neta de oxígeno en un árbol está directamente relacionada con la cantidad de CO₂ que secuestra, que a su vez está ligada a la acumulación de biomasa por la especie. En total la producción de oxígeno por el arbolado de Parque La Ceiba se calculó en 8.487 t/año. A pesar de lo anterior este beneficio es prácticamente insignificante ya que existe una gran cantidad de oxígeno estable en la atmósfera y una producción extensiva por sistemas acuáticos. En cuatro 6 se presentan las especies mejor productoras de oxígeno.

La cantidad de oxígeno producida es estimada a partir del secuestro de carbono que la planta realiza por lo que, a mayor secuestro de carbono al año, mayor oxígeno producido. El secuestro

de carbono se ve reflejado en el crecimiento de los árboles. El área foliar del árbol abarca una mayor extensión según la especie y no el número de individuos, por ejemplo, el *Vitex sp.* tiene 25 individuos abarca un área foliar de 0.16 ha y el *Cordia alliodora* con 41 individuos apenas abarca un área foliar de 0.12 ha.

Cuadro 6. Árboles que se encuentran en parque La ceiba y son mejores productores de oxígeno.

Especie	Oxígeno (kilogramo)	Carbono bruto Secuestro (kilogramo / año)	# de Árboles	Área foliar (hectárea)
<i>Manilkara zapota</i>	756.02	283.51	36	0.32
<i>Caesalpinia sp.</i>	746.31	279.87	71	0.41
<i>Piscidia piscipula</i>	524.95	196.86	26	0.28
<i>Astronium graveolens</i>	499.14	187.18	54	0.20
<i>Melicoccus bijugatus</i>	456.17	171.06	37	0.20
Latifoliada	441.94	165.73	78	0.31
<i>Ceiba Pentandra</i>	372.23	139.59	16	0.21
<i>Cordia alliodora</i>	342.50	128.44	41	0.12
<i>Vitex sp.</i>	314.13	117.80	25	0.16
<i>Brosimum alicastrum</i>	307.38	115.27	45	0.14
<i>Cordia sp.</i>	260.49	97.68	40	0.15
<i>Guettarda elliptica</i>	219.84	82.44	22	0.11
<i>Metopium sp.</i>	217.72	81.65	15	0.08
<i>Clusia sp</i>	217.23	81.46	29	0.11
<i>Neea psychotrioides</i>	112.33	79.62	35	0.08
<i>Tecoma stans</i>	192.03	72.01	20	0.08
<i>Licaria sp.</i>	187.38	70.27	30	0.07
<i>Cecropia sp</i>	145.26	54.27	16	0.04
<i>Melia azedarach</i>	142.38	53.39	20	0.09
<i>Maclura tinctoria</i>	132.33	49.62	24	0.11

4.4 Remoción de contaminantes

La remoción de contaminantes es uno de los principales beneficios ambientales que proporcionan los árboles ya que tienen efectos directos sobre la salud como es el caso de la remoción de las partículas importantes de menos de 2.5 micrones (PM_{2.5}), que está muy relacionado con afectaciones a las vías respiratorias. En el caso de los gases de efecto invernadero el efecto en la salud es por decirlo de alguna manera indirecto o como una consecuencia de la reducción de gases que causan el aumento de la temperatura. El caso de las

PM_{2.5}, se remueven cuando se depositan en la superficie de las hojas, y pueden volver a ser resuspendidas a la atmósfera si no se remueve por lluvia o son transferidas al suelo.

Se estimó la remoción de contaminantes³ por los árboles de Parque La Ceiba donde la estimación es que los árboles eliminan 88,11 kilogramos de contaminantes del aire al año con un valor de Mex\$11.6 mil/año. Entre los contaminantes del aire eliminados están el ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas importantes de menos de 2.5 micrones (PM_{2.5}) y dióxido de azufre (SO₂). En la figura 20 se muestra la remoción mensual de los contaminantes por los árboles de Parque La Ceiba.

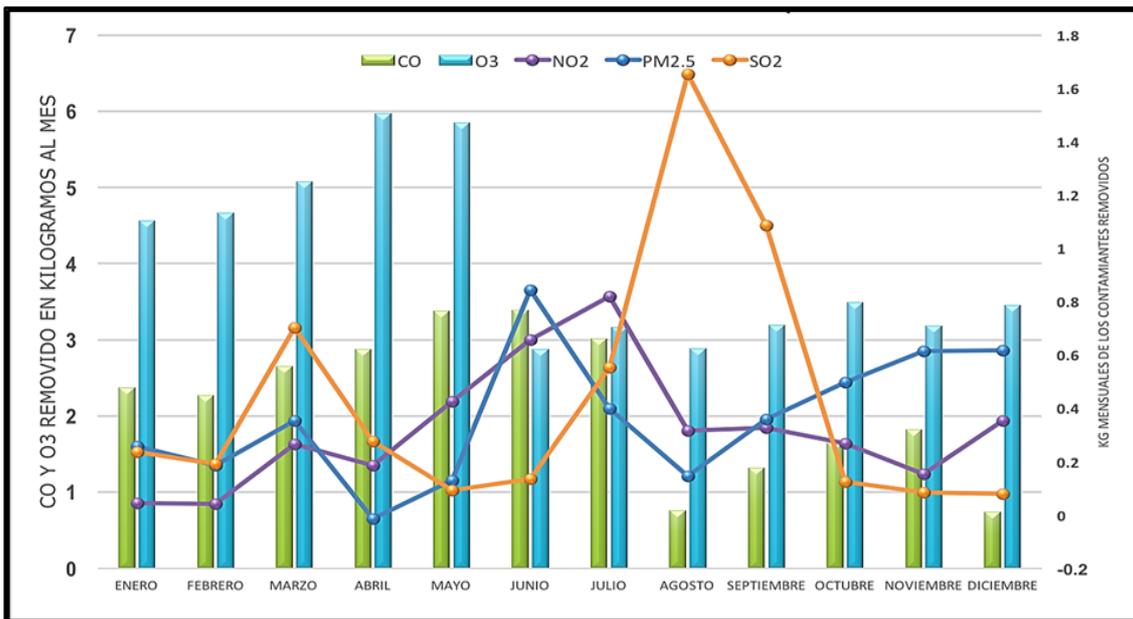


Figura 20. Remoción de contaminantes por mes en kilogramos.

Como se observa en la figura 20, cada mes los árboles remueven contaminantes que ayuda a mejorar la calidad del aire, reducir la temperatura y reducir el consumo de energía de los edificios. En los primeros cinco meses del año se ha eliminado una mayor cantidad de CO y O₃, las cantidades más altas de SO₂ eliminado es en los meses de marzo, julio, agosto y septiembre.

Se calculó el valor económico de la remoción de contaminantes como parte del servicio ambiental que brinda el Parque La Ceiba, este calculo se realizó con las especies que remueven más contaminantes, los resultados se presentan en la figura 20. El i-Tree-ECO calcula el valor de la remoción de contaminantes en base a los precios Mexicanos, basados en los siguientes valores

³ La materia particulada de menos de 10 micrones es un contaminante importante del aire. Dado que i-Tree Eco analiza material particulado de menos de 2.5 micras (PM_{2.5}) que es un subconjunto de PM₁₀, PM₁₀ no se ha incluido en este análisis. PM_{2.5} es generalmente más relevante en las discusiones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud humana.



para cada contaminante: \$27.38 por kilogramo de monóxido de carbono (CO), \$192.72 por kilogramo Ozono (O₃), \$192.72 por kilogramo de Nitratos (NO₂), \$47.19 por kilogramo de sulfatos (SO₂), y \$128.70 por kilogramo de PM_{2.5}. Estos valores provienen de los valores europeos calculados por van Essen et al, (2011) o de ecuaciones de regresión de BenMAP (Nowak et al, 1994).

4.5 Bioemisiones de los árboles

Se refiere a la emisión de compuestos orgánicos volátiles (VOC del inglés) e incluye Monoterpenos, Isopreno y la suma de ambos, estos compuestos contribuyen a la formación de ozono, y Monóxido de Carbono por foto descomposición (ruptura química por efecto de la luz). En 2015, los árboles en Parque La Ceiba de Playa del Carmen emitieron un estimado de 56.51 kilogramos de orgánicos volátiles compuestos (VOC) (48.85 kilogramos de isopreno y 7.658 kilogramos de monoterpenos). Las emisiones varían entre especies basadas en las características de las especies (por ejemplo, algunos géneros como los robles son emisores de isopreno altos) y la cantidad de biomasa foliar. Treinta y ocho por ciento de las emisiones de VOC del bosque urbano fueron de Guaya y Taa k'in che'. Estos VOC son precursores químicos de la formación de ozono. En la figura 21 se encuentran las especies de árboles que remueven contaminantes y el valor de esta remoción en pesos (\$) mexicanos.

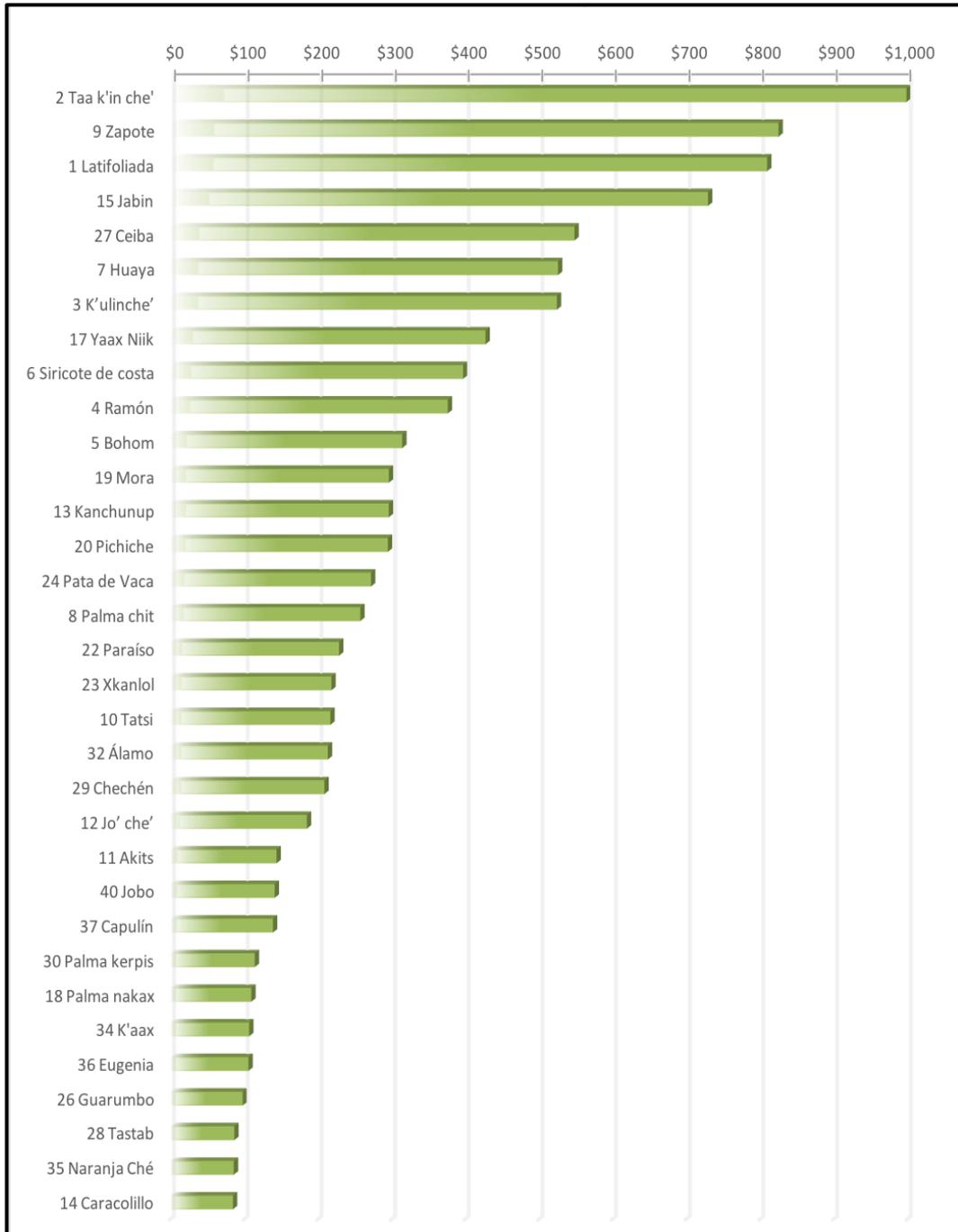


Figura 21. Árboles del parque La Ceiba que remueven mayor contaminantes calculado el valor en pesos (\$)

Existen especies que producen únicamente Monoterpeno como es la *Melicoccus bijugatus*, *Adonidia merrilli*, palma *Coccothrinax sp.*, *Sabal mexicana* y *Eugenia sp.*, pero también hay especies que producen Monoterpeno e Isopropeno como el *Caesalpinia sp.*, *Piscidia piscipula*, *Ficus sp.* y *Bauhinia divaricata*. Conociendo las especies que más liberan VOC y la cantidad puede ser un factor preciso para la selección o no de las especies de árboles para programas de reforestación (Figura 22). Los VOC son compuestos de carbono con alta presión de vapor a temperatura ambiente, resultante de su bajo punto de ebullición que causa que las moléculas se evaporen o sublimen del estado líquido al sólido. La mayoría de los olores y esencias naturales tienen esta característica precisamente para moverse por el aire y causar su efecto. En algunos árboles se cree que es para atraer a polinizadores, entre otros efectos y a repeler otros insectos dañinos.

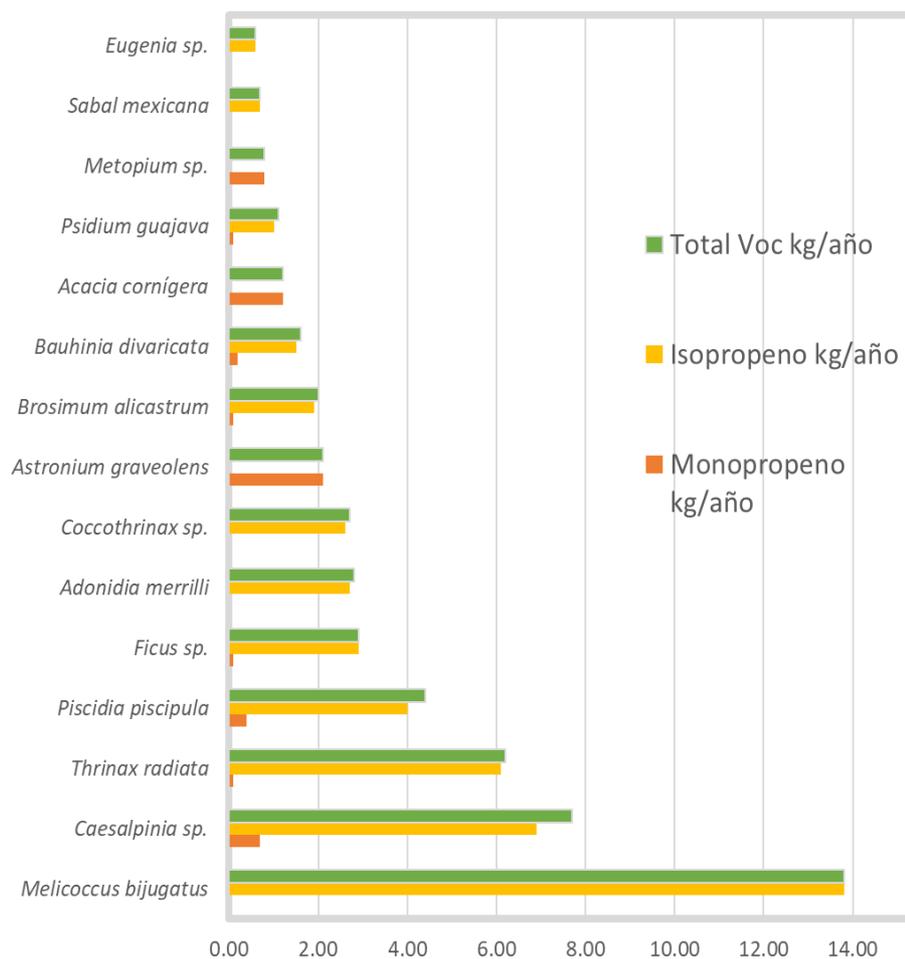


Figura 22. Cantidad de compuestos orgánicos volátiles (VOC) de las principales especies del parque La Ceiba.

El Parque La Ceiba abre oficialmente sus puertas el 19 de marzo de 2008, actualmente lleva 10 años funcionando de forma ininterrumpida, cuenta con un equipo de 8 colaboradores que operan dentro del Parque La Ceiba, además se cuenta con diversos proyectos, como la Cafetería “El Corazón de la Ceiba”, sábado de tianguis, aula naturaleza, sendero interpretativo de parque la Ceiba. Hoy Parque La Ceiba es un espacio de conservación de la flora y la fauna nativa de la región, así como un lugar de encuentro, creación y sensibilización, los beneficiarios de este espacio son los habitantes de Playa del Carmen y sus alrededores, Parque La Ceiba recibe anualmente a más de 70 000 usuarios y visitantes.

5.1 Arbolado.

El arbolado de Parque La Ceiba corresponde al tipo de clima tropical que se caracteriza por una dominancia de especies arbóreas, temperaturas cálidas y alta humedad. La vegetación corresponde a la selva mediana Subperennifolia (25 a 50% de las especies pierden las hojas en la estación seca del año), los árboles alcanzan de 15 a 25 m de altura. El cuadro 7 se describe un comparativo de características del arbolado que se realizó entre el Parque La Ceiba, de Playa del Carmen, Qroo., con tres parques de México que son Parque Alcalde GDL. JAL., Plaza grande de Mérida Yuc., Hidalgo de B.JX. Gto.

Cuadro 7. Comparativo del arbolado de Parque la Ceiba con otros parques de México

Parque	Superficie (ha)	Área foliar Total (ha)	Población de árboles	Carbono almacenado (toneladas)	Carbono secuestrado (t/año)	Especies
La Ceiba, Playa del Carmen. Qroo.	1.2	4.5	1,101	51.6	3.18	79
Plaza Grande, Mérida. Yuc.	1.1	2	327	46.8	1.17	22
Alcalde, GDL. Jal	6.5	19.0	768	220	7	58
Hidalgo León GTO.	3.6	2.5	615	335	6.8	47
Hacienda Anikabil Mérida, Yuc.	3.6	1.8	501	83.4	2.3	61

Fuente: H. de la Concha (2018). Datos presentados en el 1er Congreso Internacional de Parques Urbanos, en Mérida Yucatán del 25-27 abril, 2018.

Como se puede observar en el cuadro, la población de árboles censados en Parque la Ceiba es el mayor en comparación con los otros parques, aunque en superficie es el más pequeño por lo que se podría considerar que es un parque saturado de vegetación. El parque de la Plaza grande tiene una superficie 1.1 ha y presenta únicamente 318 árboles, y el Parque La Ceiba presenta más de tres veces esa cantidad de árboles con un total de 1,101 en una superficie de 1.2 ha. En lo que se refiere a diversidad de especies el parque de Alcalde GDL. JAL., tiene 58 especies en una superficie de 6.5 ha y Parque la Ceiba tiene una diversidad de 74 especies en una superficie cinco veces menor.

El servicio ambiental en la remoción de contaminantes, Parque La Ceiba remueve 88 kg/año con 1,101 árboles, casi la misma cantidad que el Parque Hidalgo con 99 kg/año, aunque este tiene 615 árboles, esto está relacionado con el adecuado desarrollo de los árboles, condición de copa sana y que el canope de las especies tenga hojas grandes. El parque de la Plaza grande remueve 103 kg/año de contaminante con una población de 318 árboles distribuidos en una superficie similar al del Parque la Ceiba, en lo que se concluye que los árboles de Parque La Ceiba no realizan un servicio ambiental eficiente, por lo que se requiere el manejo adecuado para un sano crecimiento de los árboles.

En el almacenamiento y secuestro de carbono el Parque La Ceiba en su población de 1,101 árboles almacena 51.6 toneladas y secuestra 3.2 toneladas al año, esto refleja que los árboles no tienen tallos con madera dura, esto puede ser debido a la especie de árboles no son maderables o a la falta de espacio para que el árbol se desarrolle. En comparación con el Parque de Plaza grande con únicamente con 318 árboles tiene un almacenamiento de 51 toneladas de carbono y un secuestro de 6.8 toneladas al año.

5.2 Servicio Ambiental

El servicio ambiental que brinda Parque la Ceiba es proporcional al tamaño y situación del arbolado, es decir las cantidades de C fijo y secuestrado, el aumento del drenaje de aguas pluviales y fijación de contaminantes, así como la producción de O₂ son el tamaño de los árboles. Es por esto por lo que es muy importante considerar manejo para la mejora de los canopes, eliminar árboles viejos o muertos, y brindar más espacio para el sano y óptimo crecimiento de los arboles medianos, y así maximizar el servicio ambiental.

Es importante considerar que el cambio climático va tener cada vez más impacto en el ambiente de las ciudades, aumentando las temperaturas que se percibe como ola de calor el aumento de los gases que causan el efecto invernadero, por lo que es importante tener parques dentro de las ciudades en buenas condiciones para contrarrestar los efectos del cambio climático. Este es el caso de Parque la Ceiba que se encuentra en La ciudad de Playa del Carmen.

5.3 Pronósticos

El i-Tree tiene dentro de sus opciones para cálculos la opción de poder llevar a cabo proyecciones de escenarios en función a 3 variables que permiten ver el comportamiento de la población y el de sus servicios ambientales a largo plazo, para este ejercicio se consideró un pronóstico para un período de 15 años con condiciones naturales de mortandad de 3% para arboles sanos, 15% para enfermos y del 50% para arboles catalogados como muriendo por su condición de copa (Cuadro 8). Las 3 variables que se pueden ajustar son:

- (1) la mortalidad de los árboles, que puede ser por estrato, género o por condiciones de los árboles y se puede también usar como porcentaje de deforestación,
- (2) la segunda variable que se puede modificar es la reforestación (cantidad y tamaño de árboles a sembrar) y

(3) la tercera se pueden proyectar eventos catastróficos de tipo climático o de plagas donde se estima el porcentaje de mortalidad.

Los árboles por ser seres vivos tienen una tasa de mortandad natural que varía según las condiciones en que encuentren, esto se conoce como la tasa de mortalidad anual. El programa tiene como tasa base de mortalidad 3, 10 y 50% para arboles sanos, enfermos y muriendo (de acuerdo con la clasificación de condición de copa descrita en el manual de toma de datos). Además, el programa permite especificar la condición específica de mortandad, o especificar los géneros de árboles que son de interés para eliminar. En el caso que se va a presentar se consideró como base un 3% de mortalidad anual para árboles sanos, se incrementó el porcentaje de mortalidad a 50% anual de los árboles críticos o enfermos ya que son más susceptibles de morir en la medida que las condiciones ambientales por aumento en la contaminación y temperaturas se compliquen, se consideró un 99% de mortandad anual para árboles moribundos o en fase terminal.

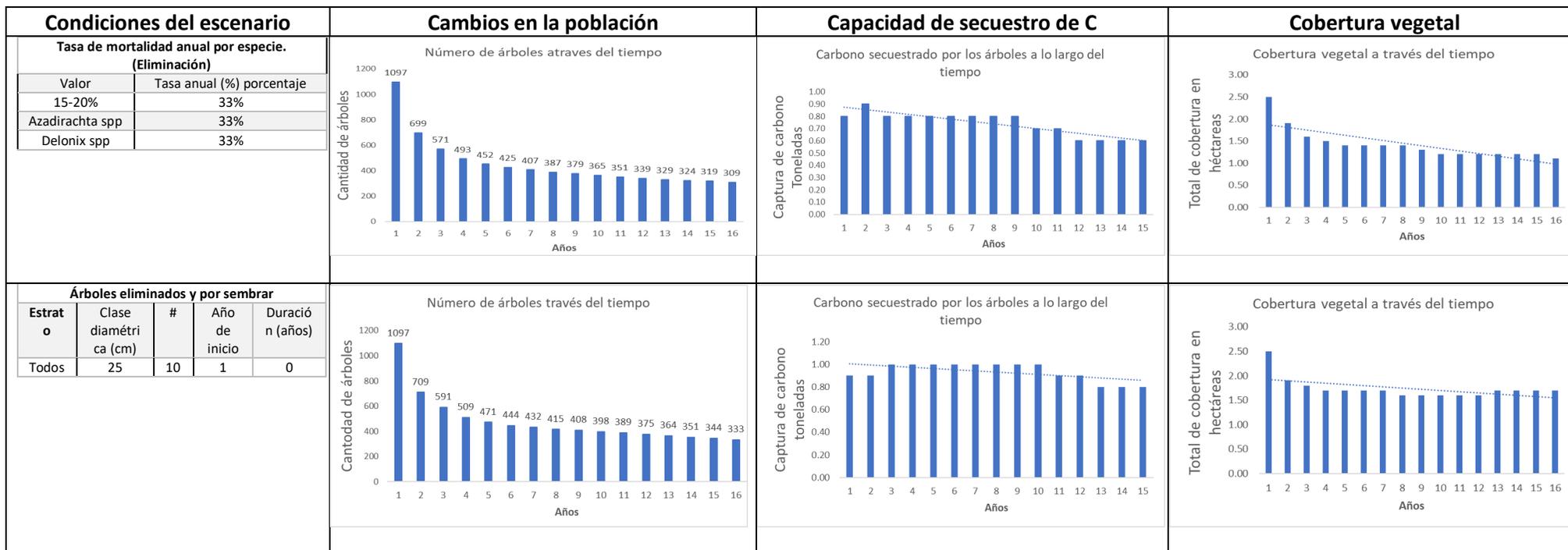
Los eventos que se consideraron para la proyección del pronóstico del arbolado de Parque La Ceiba son:

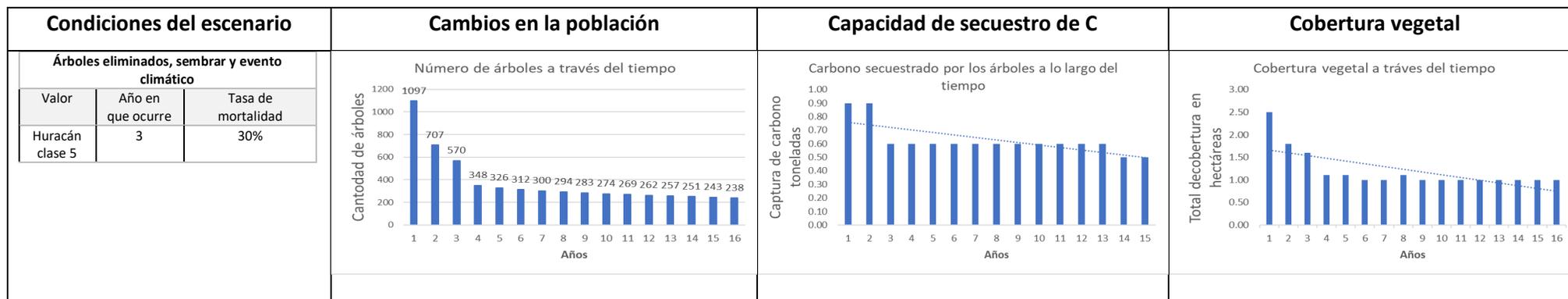
1. **Eliminación de framboyán (*Delonix regia*) y neem (*Azadirachta indica*), debido a que no son nativos.** Para este pronóstico se consideró una condición del 15-20% anual y una tasa anual de 33%.
2. **Árboles por sembrar.** Al realizar la eliminación de las plantas no nativas es importante resembrar otras para no árboles para no impactar el servicio ambiental que el parque brinda, para esto se consideró la siembra de 10 árboles anuales con una clase diamétrica de 25 cm, iniciando en el año cero.
3. **Eventos climáticos extremos.** Para esta variable se consideró como evento climático un Huracán de clase 5 y que sucedería en el año tres presentando una tasa de mortalidad del 30% de los árboles.

Todas las corridas se hicieron a 15 años y con una temporada de crecimiento de todo el año ya que Parque La Ceiba no tiene limitaciones de temperatura (Cuadro 9). Con las tasas de mortalidad establecidas, y el huracán en el año 3, la población disminuyó en los 3 casos, esta disminución se recupera cuando se replantan individuos. Por otro lado, el secuestro de C del arbolado tiene una relación directa con el tamaño/edad del arbolado, al grado de que el impacto de la reducción en número de individuos se alcanza a compensar ya que la capacidad de secuestro no disminuye significativamente, y a partir del año 12, si sucedieran los tres eventos se tendría un secuestro de carbono de 60- 50 toneladas. En cuanto a la cobertura vegetal, aunque disminuya el número de árboles se continúa teniendo la cobertura para el terreno de una hectárea que es justo el tamaño del Parque La Ceiba, eliminando de esta manera el exceso de árboles que se tienen actualmente y manteniendo árboles con crecimiento adecuado en tamaño de tallo y cobertura de copa.

Cuadro 8. Condiciones base para el pronóstico de comportamiento de la población de árboles de Parque La Ceiba.

Condiciones base	
Número de años pronosticados	15
Días por año sin heladas	365
Tasa de mortalidad anual para árboles sanos	3%
Tasa de mortalidad anual base para árboles enfermos	50%
Tasa de mortalidad base anual árboles en fase terminal	99%





Cuadro 9. Pronóstico de la población de árboles de Parque la Ceiba proyectado en tres escenarios diferentes en un período de 15 años.

5.4 Metas potenciales para establecer.

El establecimiento de metas en función a los servicios ambientales o factores que indirectamente midan el desempeño de los árboles es la manera más eficiente y trascendente de evaluar al arbolado. Las cantidades o montos que se incluyan en las metas debe de considerarse en función al presupuesto posible para el programa de mejora, que forma parte de un *Plan maestro de manejo de arbolado* cuya finalidad es que en base al presente inventario defina acciones concretas para llegar a las metas propuestas.

Basados en la información del inventario de Parque la Ceiba, en cuanto a crecimiento y necesidades se propone a continuación algunas metas que son factibles, alcanzables y con un presupuesto razonable como:

-  Mantener el porcentaje de cobertura arbórea en 95%.
-  Incrementar la diversidad de especies.
-  Reducir la existencia de especies exóticas.
-  Aumentar en 10% anual la capacidad de secuestro de CO₂ del arbolado, es decir 318 t al año.

Se pueden construir metas en función a las características de Parque la Ceiba e incluir especificaciones en cuanto a manejo o mantenimiento de especies concretas. Mucho va a depender de la visión que se tenga, de hacia donde se quiere llegar con el arbolado y de los recursos con que se cuente.

El censo de árboles realizados en Parque la Ceiba sentará las bases para elaborar un presupuesto a mediano plazo de lo necesario en equipamiento, capacitación del personal, así como los gastos de operación. La elaboración de un presupuesto forma parte de la elaboración de un plan maestro para el arbolado que se considera la siguiente fase posterior al inventario. Esto implica una revisión de los programas de reforestación que se tiene en Parque la Ceiba, elegir los árboles adecuados para maximizar los servicios ambientales, ampliar la diversidad de especies y realizar remoción de la vegetación dañada o que presenta un riesgo para los que visitan el parque.

5.5 Recomendaciones

Las recomendaciones al igual que las metas se deben establecer en función a la visión que se tenga y a la dirección que se le quiera dar al arbolado. Se pueden enumerar algunas recomendaciones generales que se desprenden de lo observado en el inventario. Pero se tiene que analizar más detenidamente los beneficios y servicios ambientales que emite cada especie de árbol en el Parque la Ceiba o de las especies que se tengan planeado sembrar, también es importante considerar los requerimientos de los árboles para que tenga un adecuado crecimiento, así un análisis detallado llevará a una mejor toma de decisiones y acciones necesarias y adecuadas a realizar.

5.5.1 Lineamientos Generales

Con la información presentada se observa que hay un exceso de árboles en el área que ocupa el parque La Ceiba (área 1 ha- cobertura arbórea 2.466 ha), también de que un 64% de población de árboles son jóvenes ya que su DAP fue menor a 15.2 cm. Por lo que se requiere que los árboles cuenten con el espacio y cuidado suficiente para que se desarrollen adecuadamente ya que al tener el parque árboles de mayor tamaño provee un mejor servicio ambiental. En segundo lugar, los árboles se encuentran expuestos a eventos catastróficos que pudieran dañarlos por lo que es importante cuidar su desarrollo y contar con diversidad de especies, además de renovar efectivamente los de mala condición.

A continuación, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Regular el retiro de arbolado muertos, en fase terminal en riesgo.

- 🌳 Eliminar los árboles reportados en el censo que se encuentran en fase terminal, están muertos o tienen problemas en el tronco o raíz, en estas dos últimas características, primero tratar de recuperar el árbol realizando un saneamiento, sino es posible pues retirarlo y sembrar uno nuevo en su lugar.
- 🌳 Seleccionar árboles con DAP mayor a 22.9 cm, para realizar aeración de raíces y mejoramiento del sustrato donde se encuentran. Los árboles que se encuentren a menos de tres metros de distancia y tengan un DAP menor de 15.2 se remuevan para dejar en ese lugar solo un árbol para permitirle tener un crecimiento adecuado. El árbol removido se puede sembrar en los sitios de los árboles que se van a retirar, en espacios sin vegetación ya sea del parque o de la ciudad de Playa del Carmen o donarlos a los asistentes al parque para que siembren en sus jardines o patios.
- 🌳 Ubicar en el Parque la Ceiba áreas bajas de acumulación de agua para instalar jardineras o sembrar palmas que tienen un efecto significativo sobre el aumento de infiltración.

2. Implementar un programa de cuidado (nutrición, sanidad y mejora de suelo) para los árboles de 7.6-22.9 cm de DAP.

- 🌳 Aplicar composta y materia orgánica formada por las hojas que cae de los árboles (rastrojo) en zonas de goteo para mejorar la estructura y calidad de suelo de los árboles y desarrollar metodología para definir la necesidad de fertilizar un árbol en cuanto a producto y cantidad.
- 🌳 Implementar un programa de fertilización emergente en el arbolado de áreas de suelos pobres donde los árboles muestren deficiencias para estimular el desarrollo de copas más sanas y abundantes.
- 🌳 Llevar a cabo labores de des-compactación de suelo para mejorar infiltración utilizando aire, o medios mecánicos a una buena profundidad.
- 🌳 Realizar saneamiento y poda de ramas secas de los árboles, podas de formación, y aplicar insecticida en suelos y troncos de árboles que tienen plaga de termita u hormigas.

3. Intensificar el programa de elección de plantas a reforestar y permitir crecer en el Parque la Ceiba, calidad, selección de especies y tamaño de árboles utilizados.

- 🌳 Establecer una norma de calidad de las plantas que se han de reforestar en parque la ceiba en términos de su raíz, diámetro de DAP y altura para sitios específicos.
- 🌳 Seleccionar y definir una metodología para la remoción de árboles en fase terminal, así como el trasplante de árboles que se encuentran muy cercanos, para permitirles un mejor crecimiento.
- 🌳 Establecer criterios de selección de especies para aumentar la biodiversidad, así como reforestar con árboles provenientes de otros lugares para aumentar la variabilidad genética y brindar mejores servicios ambientales. Sería bueno la promoción de sembrar algunos frutales de la región como opción de aumentar la diversidad de plantas en Parque la Ceiba, ya que solo cuenta con zapote.

5.5.2 Para el seguimiento y mejora constante

Con la finalidad de establecer los avances en las recomendaciones realizadas se pueden llevar a cabo dos acciones de seguimiento. La primera es el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo que no son más que sitios, seleccionados en el Parque la Ceiba que cuenten con las especies más significativas en condiciones promedio para realizar medidas 2 a 3 veces por año para detectar cambios en crecimiento, presencia de plagas, anomalías u otras cosas afectando el arbolado. Y, por otro lado, es necesario establecer la actualización de todo el inventario, es decir rehacerlo con una frecuencia, para el caso del Parque la Ceiba de al menos 5-8 años para ver los efectos del manejo del mismo. Es importante considerar, como se mencionó anteriormente, la elaboración de un Plan Maestro de Manejo y desarrollo sustentable del Arbolado Urbano del Parque la Ceiba. En este plan se pueden establecer metas concretas que se quieran alcanzar en el arbolado del parque y en los servicios ambientales que este ofrezca.

5.5.3 Para la selección de especies

El criterio para la selección de especies tiene que considerar la estructura del arbolado que como vimos el 50% de la población está en 12 especies de las 79 encontradas y el 39% de la población en solo 24 especies, y 43 especies representan el 11% de la población de plantas del Parque la Ceiba, lo cual no lo hace precisamente una población muy diversa. El otro factor es que las especies deben ser nativas en ese el i-tree emite un reporte donde indica el origen de las especies (Cuadro 10).

De acuerdo con este reporte el 40 % de las especies del Parque la Ceiba es nativa de la región norte y Sudamérica, área que se puede decir que son de la misma zona climática que Playa del Carmen. En otras palabras, apenas un 4.8% son exóticas o introducidas de otro continente, lo cual no es una cifra preocupante, aunque si hay que tenerla en consideración. Las 35.9% desconocidas incluyen las no encontradas en el i-tree por ser endémicas y otras por eso solo se considera que el 4.8% como exóticas.

Origen de las especies	
Sitios	% Área de estudio
África y Australia	0.20
Asia	1.40
Asia y Australia +	0.90
Europa y Asia	2.30
Norteamérica	19.40
Norteamérica y Sudamérica	38.10
Norteamérica y Sudamérica +	1.80
Desconocido	35.90

Cuadro 10. Reporte del i-tree sobre el origen de las especies en el inventario.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente la biodiversidad de especies en el parque La Ceiba es relativa, y esto se puede comprobar con el siguiente cuadro donde se muestra el número de familias y las especies que tienen.

Realizando el análisis de la tabla anterior la familia con mayor número de especie es Leguminosae, presentando el 12.64 % de la población de árboles posteriormente, le sigue la única familia de palmas presente en el parque las Árecaceae con 6 géneros y 4.6%, las otras familias del cuadro 9 tienen de a dos, tres y cuatro especies, existiendo 15 familias de solo una especie como la Burceraceae, Lauraceae, Muntingiaceae, entre otras, representando estas familias de solo una especie el 13.43% de la población de árboles de Parque La Ceiba.

Cuadro 11 Reporte del i-Tree sobre el origen de las especies censadas en Parque La Ceiba.

Familia	# de especies	Porcentaje %
Leguminosa	16	12.64
Árecacea	6	4.74
Annonaceae	2	1.58
Anacardiaceae	3	2.37
Meliaceae	2	1.58
Moraceae	3	2.37
Malpighiaceae	2	1.58
Rutaceae	3	2.37
Malvaceae	2	1.58
Polygonaceae	4	3.16
Boraginaceae	3	2.37
Euphorbiaceae	3	2.37
Myrtaceae	3	2.37
Rubiaceae	4	3.16
Sapotaceae	2	1.58
Apocynaceae	4	3.16
Bignoniaceae	2	1.58
Otras familias (solo tienen una especie)	15	13.43

Toda la información anterior es importante considerarlo al momento de selección ya que como Santamour F. Indico en su propuesta de 1990, la regla 30/20/10 es una buena directriz para la selección de especies donde no se debe pasar del 30% de los individuos de la población que pertenezcan a una familia, 20% a un género y 10% de una especie.

En el caso de Parque La Ceiba se recomienda diversificar más en las especies de la familia (palmas) ya que se tiene 37 individuos *Thrinax radiata* que representan el 3.4% de la población total de árboles del parque, por lo que hay que evitar sembrar más palmas de esta especie. En el caso del de la familia Leguminosae está representado por 16 especies de las cuales la más numerosa es el *Caesalpinia* sp., que tiene 71 individuos y representa el 6.4% de la población, y por el *Piscidia piscipula* con 26 individuos y 2.4% de la población por lo que de estas especies no se recomienda plantar más.

La familia Anacardiaceae con tres especies parece poco representado, sin embargo una de esas especies es dominante el *Astronium graveolens* con 54 individuos y 4.9% de la población del parque, por lo que no se recomienda sembrar más plantas de esta especie, es el mismo caso con la familia Moraceae que tiene tres especies, siendo el *Brosimum alicastrum* una de ellas y tiene 45 individuos representando el 4.9% de los árboles del Parque La Ceiba, por lo que hay que evitar sembrar más ramones ya que estos árboles requieren un amplio espacio para crecer y si estuvieran cercanos unos de otros no desarrollan su potencial en el servicio ambiental que brindan, además de que el área del parque no es extensa y se debe tener ahí la mayor cantidad de diferentes especies de plantas posibles.

También es importante considerar que especies son nativas, introducidas y palmas, para facilitar el reconocimiento en el momento de elegir una planta en el anexo 1 se señalaron con colores amarilla para plantas nativas, naranja para plantas introducidas, que fueron identificadas en el Parque La Ceiba. Para la remoción de árboles se ha elegido que los árboles muy cercanos deben removerse, así como los que presentan un peligro o se encuentran plagados o en fase terminal, también se removerán las plantas consideradas exóticas, los criterios para remover plantas y los individuos que se van a quitar se presentan en la tabla 12.

Cuadro 12. Criterios de selección de especies a retirar para mejorar la población de árboles de Parque La Ceiba. Se ejemplifican algunas especies y marcas de los árboles.

Criterio	Definición	Especies	Marca asignada a los árboles al realizar el censo.
Biodiversidad	<p>Con este criterio se pueden establecer varias reglas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Reducir las especies exóticas, si acaso solo dejar una para efectos de educación ambiental, de tamaño medio de preferencia. 2) Reducir las especies que se encuentran en una proporción alta >5% o dentro una familia que este muy presente. 	<p><i>Adonidia merrilli, Melia azedarach, Muntingia calabura, Delonix regia, Melicoccus bijugatus, Thevetia sp., Azadirachta indica, Annona squamosa</i></p>	<p>CA-25-Kerpis JN-199-Kerpis JN-195-Kerpis EY-154-Saramuyo CA-268-Paraíso EY-396-Paraíso ER-93-Capulín EY-145-Capulín JN-186-Capulín</p>
Tamaño	<p>Seleccionar para el caso de especies exóticas las grandes y en el caso de reducción de individuos las chicas. Definir</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Los DAP a reducir árbol por árbol y 2) La Altura también árbol por árbol 	<p>DAP menor a 5 cm <i>Cordia sp., Bursera simaruba, Cordia sp., Spondias mombin, Jatropha sp. Tecoma stans, Neea psychotrioides, Gliricidia sp., Thevetia sp., Cordia alliodora</i></p>	<p>TC-55-Sircote TC-56-Akits TC-57-Jobo TC-64-Pomolché JN-170-X'can Lol CA-245-Tatsi CA-257-Saak kiab CA-275-Akits TC-49-Tatsi</p>

Condición	Para una misma especie seleccionar los individuos que tengan una mala condición, estén en riesgo, con tronco o raíz mala, con plagas o muriendo.	<i>Melicoccus bijugatus</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Thevetia</i> sp <i>Cordia alliodora</i> <i>Melicoccus bijugatus</i> <i>Thevetia</i> sp. <i>Caesalpinia</i> sp. <i>Cordia alliodora</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Sideroxylon</i> sp. <i>Neea psychotrioides</i>	CA-6-Huaya EY-135-Bohom EY-136-Akits EY-138-Bohom CA-6-Huaya RM-235-Akits RM-238-Kitanché CA-246-Bohom CA-250-Tatsi CA-251-Bohom CA-276-Caracolillo
Posicionamiento	Seleccionar de un grupo las especies que se encuentren en posición o lugares que les impida un sano crecimiento, ya sea por estar muy cercanos, no tener acceso a luz del sol, cerca de bardad, etc.	<i>Bursera simaruba</i> <i>Cordia</i> sp. <i>Thevetia</i> sp. <i>Jatropha</i> sp. <i>Cordia alliodora</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Sideroxylon</i> <i>Sideroxylon</i> <i>Licaria</i> sp. <i>Licaria</i> sp.	TC-54-Chaká TC-55-Sircote TC-56-Akits TC-64-Pomolché TC-293-Bohom TC-301-Bohom JN-409-Caracolillo JN-412-Caracolillo JN-413-Jo' che' JN-414-Jo' che'

5.6 Resultados del taller de análisis y discusión de resultados

5.6.1 Presentación de los resultados del censo arborístico de Parque la Ceiba

La presentación de resultados del censo del arbolado de Parque La Ceiba (PLC) se realizó el 27 de Julio del 2018 iniciando a las 9.00 am. Se conto con la presencia de la directora de Flora, Fauna y Cultura de México, y con los equipos de trabajo de comunicación, Parque la Ceiba, Vivero Forestal Riviera Maya, además de invitados especiales: equipo del área de ambientación del paisaje de Grupo Experiencias Xcaret, la Dirección de medio ambiente del H. Ayuntamiento de Solidaridad, el presidente de la Asociación Mexicana de Arboricultura delegación sureste y una representante del Jardín Botánico “Dr. Alfredo Barrera Marín”.

En la presentación de resultados se explicó el objetivo del censo de árboles. Este trabajo apporto información sobre las especies de árboles más importantes del Parque la Ceiba, las condiciones del arbolado, las plagas o enfermedades a las que se encuentran expuestos, los beneficios ambientales que brindan los árboles y la cuantificación económica de este servicio.

Se explicó que la metodología seguida para la realización del censo fue la que propone la herramienta i-Tree Eco V6.03.17 desarrollada por U.S Forest Service. Para el censo de árboles se eligieron los criterios de condición de la copa, altura total del árbol, altura de la copa y de su base, metros que abarca la copa del árbol en dirección Norte-Sur y Este-Oeste, el porcentaje de copa faltante, exposición a la luz, diámetro de la altura pecho (DAP) y recomendaciones que se realizaban para el árbol debido a su mantenimiento o estado y la labor que se sugería realizar y que más le beneficiaba al árbol.

Los resultados se basaron en lo siguiente: el número de especies que se identificaron, su tamaño en altura, extensión de copa, diámetro del DAP y su condición de copa que va de bien, regular, pobre, crítico, muriendo y muerto.

En estos resultados sobresalió que la mayoría de los árboles de PLC se encuentran en una condición de copa de pobre, crítico y muriendo, esto causo polémica, ya que, aunque la metodología proporciona imágenes modelo de los porcentajes de copa que tiene un árbol en el momento del censo el valor asignado se complementa de la imagen modelo y la apreciación visual y cualitativo de la persona que censa. Del 100% de los árboles censados solo el 2% se asigno una condición de copa bien, el 38% pobre, 41% crítico y el 14% muriendo. En los resultados de valor de importancia se resaltó que los árboles con mejor valoración fueron el grupo de latifoliadas, *Caesalpinia* sp. y *Manilkara zapota*.

En los resultados de servicios ambientales se enfocó en las principales especies que almacenan carbono y su equivalencia en el secuestro y las especies que mejor brindan este servicio ambiental son el grupo de latifoliadas, *Caesalpinia* sp. y *Manilkara zapota*, *Melicoccus bijugatus*.

En la reducción de escorrentía los árboles que brindan mejor este servicio son latifoliadas, *Caesalpinia* sp., *Clusia* sp. en la remoción de contaminantes, el total de árboles censados remueven mayor cantidad de dióxido de azufre (SO₂) en el mes de marzo y en los meses de julio a septiembre, dióxido de nitrógeno y PM 2.5 con mayor remoción de mayo a octubre. Y en la remoción de monóxido de carbón o (CO) y ozono (O₃) permanece constante durante todo el año.

Los árboles emiten compuestos orgánicos o volátiles (VOC) que se pueden percibir como aromas, ya sean agradables o no. La especie de *Melicoccus bijugatus* emite monoterpenos e isopropenos, la *Caesalpinia* sp. emite monoterpenos, isopropenos y VOC, mientras que *Clusia* sp. únicamente emite monoterpenos, estos aromas le sirven a la planta para ahuyentar depredadores o plagas y para ser atractivos a posibles polinizadores.

En los análisis de condición del arbolado y servicio ambientales los valores que corresponden a las diversas especies de palma son mínimos ya que sus hojas son pocas y su sucesión es a largo plazo por lo que no son tan eficientes en servicios ambientales, sin embargo, algunas de las especies sembrados en PLC se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que si se remueven individuos para reubicar debe darse seguimiento de adaptación y crecimiento al en el área donde se siembren.



5.6.2 Resultados del taller de análisis y discusión

Se llevo a cabo un taller de análisis y discusión de los resultados obtenidos en el censo arborístico de Parque la Ceiba, con la finalidad de definir el plan de trabajo para el manejo y cuidado de los arboles en base a los resultados obtenidos.

Entre las recomendaciones que destacaron es tener una visión general del tipo de parque que se quiere a mediano y largo plazo, tener metas específicas para la selección de especies de plantas a conservar, a retirar y dar seguimiento, hacer mejoras constantes de la condición del arbolado para que todos los árboles estén en la categoría de bien.

Para el PLC se propone trabajar el manejo del arbolado bajo los siguientes criterios:

Criterio	Definición
Biodiversidad	Con este criterio se busca establecer varias reglas: <ol style="list-style-type: none"> 1) Reducir las especies exóticas, se puede dejar solamente una para efectos de educación ambiental y que sea de preferencia de tamaño medio. 2) Reducir las especies que se encuentran en una proporción alta >5% dentro de una familia que esté muy presente.
Tamaño	Seleccionar para el caso de especies exóticas las grandes para el objetivo de utilizarlas para educación ambiental, y reducir los individuos pequeños. <ol style="list-style-type: none"> 1) Elegir los árboles exóticos con los DAP más pequeños. 2) De las especies que tienen muchos individuos elegir los árboles con altura menor a 5 metros, y que la luz del sol no les llegue de forma directa, estos árboles podrían ser removidos.
Condición	Del total de árboles de una misma especie seleccionar para que permanezcan en el parque los que presenten mejor condición de copa, alto índice de desempeño relativo, reducción de escorrentía, captura y almacenamiento de carbono y reducción de contaminantes. A estos árboles se les debe dar un mantenimiento adecuado con podas, fertilización, fumigación para prevenir plagas.
posicionamiento	Del total de árboles de una misma especie seleccionar para que permanezcan en el parque los árboles que tengan un excelente posicionamiento esto de acuerdo su posición en el suelo, altura, crecimiento recto del tronco, tamaño del DAP y condición de copa.

Conclusiones del taller:

Un árbol grande y frondoso presta el mismo servicio ambiental que 6 árboles pequeños, ocupa menos espacio además de que es estéticamente más bonito. Por lo que en el plan se busca que los árboles adquieran la condición de ser saludables y agradables a la vista.

Si se obtienen árboles grandes y debajo se mantiene despejado de plantas en crecimiento, se pudiera poner bancas para que los usuarios disfrutaran su estancia directamente bajo la sombra que brinda el arbolado.

Una inquietud que se presentó es que la condición del arbolado de pobre, crítico y muriendo se deba a que la vegetación de la región es de selva baja Subperennifolia (25 a 50% de las especies de árboles pierden las hojas en la estación seca del año) sin embargo, el censo de PLC se realizó de septiembre a octubre por lo que ya era la época de lluvias y los árboles estaban recuperando su follaje.

Uno de los asistentes recomendó que se deben rescatar y dar mantenimiento a las ceibas sembradas ya que son representativas por el nombre que lleva el Parque. También identificar los árboles más antiguos para ser cuidados por el significado que tienen.

Los resultados del censo de PLC arrojaron que el parque tiene sobrepoblación de árboles, por lo que su condición de arbolado de pobre y crítico puede deberse a que los árboles están en constante competencia por nutrientes, luz solar, y espacio para crecer, por lo que remover árboles es básico en el plan de manejo.

Posteriormente se crearon los objetivos del arbolado bajo tres directrices:

- 1) El arbolado como conservación de especies nativas para plantas productoras de semillas.
- 2) Los árboles como generadores de bienestar.
- 3) El arbolado como pulmón de Playa del Carmen.

Los objetivos deben buscar que se tenga a mediano y largo plazo:

- a) Arbolado sano.
- b) Mayor follaje.
- c) Especies emblemáticas.
- d) Valor estético de las especies.
- e) Árboles que produzcan frutos como alimento para los animales.
- f) Brindar excelentes servicios ambientales (captura de carbono y reducción de contaminantes).
- g) Sitio de conservación de especies nativas y registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Los objetivos finales del arbolado de PLC fueron:

- 1) Garantizar la sobrevivencia de la diversidad de especies nativas y características de la región y que aportan excelentes servicios ambientales.
- 2) Ser el depositario en el que se conserven en buen estado un gran número de especies de árboles nativos y que se encuentre en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Con la finalidad de que estos árboles puedan convertirse en plantas madre para propagación.
- 3) Ser un espacio cuyo arbolado brinde a los visitantes un baño de bienestar y frescura que les permita reconectarse con la naturaleza.
- 4) Ser uno de los principales pulmones de Playa del Carmen ofreciendo árboles de buen tamaño que brinden los mejores servicios ambientales posibles con la remoción de contaminantes y captura de carbono.

Se recomendó realizar la visión del Parque la Ceiba donde se incluya el del arbolado a largo plazo, resaltando la importancia del Parque y su manejo del arbolado como prioridad social, sin embargo, no se realizó o redactó esta visión durante el taller.

Se realizó un recorrido por PLC para elegir los árboles en los que se va a enfocar esta primera etapa del plan de trabajo que se dividió en los siguientes momentos:

- a) Remoción de árboles muertos o en fase terminal.
- b) Remoción de árboles juveniles para reubicar, ya sea porque se encuentran muy cercanos o debajo de árboles más grandes que les impiden tener un sano y adecuado crecimiento. También algunos árboles exóticos.
- c) Poda de saneamiento, realizar poda de ramas secas, hojas secas de palma, arreglar el tronco de palmas Chiit (*Thrinax radiata*) para que crezcan, también se pueden realizar estas podas después de eventos como lluvias o vientos muy fuertes para eliminar ramas quebradas o enderezar árboles con apoyo de tutores.
- d) Realizar un arreglo general de jardineras, delinear las jardineras y llenar los espacios con composta y triturado para que las raíces se fertilicen.
- e) Para elegir los árboles a remover se realizó un recorrido en PLC, a partir de esto se decidió que los árboles que se encuentren en el PLC con altura de 50 cm a 100 cm y que se encuentren por debajo de árboles adultos y no tengan acceso directo a la luz del sol serán embolsados y pueden ser utilizados para sembrar donde se retiraran árboles muertos o en riesgo, pero también pueden ser donados si otras áreas públicas necesitaran ser reforestadas.

Las plantas que se van a remover y eliminar fueron remarcadas con un círculo color rojo y los que se van a reubicar de sitio se marcaron con una línea color rojo, de esta forma será más fácil reconocerlo en el momento de realizar el trabajo de jardinería en el PLC.





A continuación, se realizan tres clasificaciones de árboles para el manejo, el primer cuadro es de árboles a remover porque están muertos, en fase terminal o son un riesgo. El siguiente cuadro es el listado de árboles juveniles que deben sacarse para reubicarse debido a que no cuentan con suficiente espacio para crecer, por hacinamiento o porque están bajo árboles que evitan que les llegue la luz del sol. Y el tercer cuadro es de los árboles que deben tener una poda de forma urgente para el saneamiento, eliminando ramas secas, ramas con hormigas o terminas.

Cuadro 1. Listado de árboles identificados en el recorrido para eliminar.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escurrimiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
530	Kanchunup	<i>Clusia sp.</i>	LP-8	16.87	10.00	47.00	0.10	0.00	0.10	Remoción, árbol en fase terminal
245	Tatsi	<i>Neea psychotrioides</i>	CA-54	4.77	7.00	2.40	0.10	0.00	0.10	Árbol con ramas secas
456	Chacá	<i>Bursera simaruba</i>	R-56	14.64	3.00	34.80	1.10	0.00	2.20	Remoción por daño en el tronco
664	Nectandra coriácea (palo de gas)	<i>Nectandra coriacea</i>	R-93	7.32	4.00	6.40	0.90	0.10	26.60	Tiene plagas, árbol en riesgo.
825	Kulinché	<i>Astronium graveolens</i>	EA-16	15.92	13.00	42.70	3.00	0.20	48.30	Tiene mucha plaga.
498	Kanchunup	<i>Clusia sp.</i>	EM-18	13.64	6.00	27.30	0.10	0.00	1.20	Remoción, árbol en riesgo y en fase terminal.
401	Zapote	<i>Manilkara zapota</i>	JN-41	20.37	9.00	73.50	2.40	0.20	56.50	Tronco podrido, plaga de hormigas
405	zapote	<i>Manilkara zapota</i>	JN-45	11.14	8.00	17.30	1.10	0.10	16.40	Árbol en fase terminal.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escorrimento evitado (m³/año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
425	Jo'ch'e	<i>Licaria sp.</i>	JN-65	38.20	14.00	11.70	335.90	11.70	0.30	Ramas secas y plaga de hormigas.
429	Palma nakax	<i>Cocothrinax readii</i>	JN-65	8.59	4.00	1.80	0.00	0.10	22.70	Remoción por aglomeración.
132	Siricote de costa	<i>Cordia sp.</i>	EY-11	6.05	4.00	3.70	0.70	0.00	8.31	Árbol en riesgo
611	Árbol de la manzanita/ Wayate'	<i>Malpighia glabra</i>	CA-84	4.77	4.50	2.30	0.20	0.00	2.10	Árbol en fase terminal, se recomienda remover.
53	Huaya	<i>Melicoccus bijugatus</i>	TC-13	18.14	5.50	52.80	0.80	0.00	8.00	Tiene muy poco follaje. Fase terminal, recomienda remover.
67	Kitanché	<i>Caesalpinia sp.</i>	TC-27	8.91	8.00	13.80	1.30	0.60	196.00	Se encuentra debajo de una ceiba. Y al no tener acceso a luz del sol se ha muerto.
144	Tsi tsil che	<i>Gymnopodium floribundum</i>	TC-40	11.46	10.00	63.80	3.70	1.00	313.30	El árbol se encuentra en mal estado porque no accede a la luz del sol.

422	Huaya	<i>Melicoccus bijugatus</i>	JN-62	25.46	12.00	133.20	7.70	1.40	433.00	Árbol con plagas, esta maltratado y se va a eliminar.
944	Negrito	<i>Simarouba glauca</i>		2.18	1.40	0.80	0.20	0.00	3.90	Remoción del árbol, no tiene espacio para crecer.
1002	Chechén	<i>Metopium brownei</i>	LP-100	28.33	14	166.90	7.70	0.50	165.70	Eliminación de hormigas.
191	Kerpis	<i>Adonidia merrilli</i>	JN-34	8.91	3.5	2.20	0.10	0.10	43.40	Árbol con ramas secas.
196	Kerpis	<i>Adonidia merrilli</i>	JN-135	9.87	3.5	3.80	0.00	0.30	89.30	Podar las hojas.
1045	Majagua	<i>Hampea trilobata</i>	EY-134	6.05	12	4.40	0.60	0.10	28.10	Tronco dañado y pegado a la malla.
1050	Flamboyán	<i>Delonix regia</i>	EY-139	19.42	9	64.50	4.30	0.50	156.30	Plaga de hormigas y alambre enredado.
817	Majagua	<i>Hampea trilobata</i>	EA-8	7.32	5	6.10	0.60	0.10	33.40	Plaga
573	Akits	<i>Thevetia</i>	GM-11	10.19	6	13.70	1.20	0.00	9.30	Ramas secas, poda plaga.
605	Subintul	<i>Acacia cornigera</i>	GM-28	3.18	3.5	0.80	0.20	0.00	1.80	Mal podado, plaga, tronco en mal estado.

Cuadro 2. Listado de árboles identificados en el recorrido para reubicar debido a que son árboles juveniles.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escurrecimiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
5	Campanita	<i>Thevetia peruviana</i>	CA-5	3.82	5.00	4.00	0.70	0.20	50.00	Árbol que se encuentra cerca del sendero de la entrada principal.
7	Chaká	<i>Bursera simaruba</i>	CA-7	4.46	5.00	2.00	0.50	0.10	21.50	Árbol juvenil.
136	Akits	<i>Thevetia</i>	EY-15	3.82	6.00	1.70	0.40	0.10	20.90	Árbol juvenil a un costado del Bohom.
135	Bohom	<i>Cordia alliodora</i>	EY-14	3.82	6.00	1.40	0.40	0.00	9.60	Árbol juvenil alado del Jobo.
139	Chaká	<i>Bursera simaruba</i>	EY-18	6.05	5.00	3.80	0.60	0.10	19.90	Árbol joven alado del bohóm.
54	Chaká	<i>Bursera simaruba</i>	TC-14	4.46	7.00	2.10	0.10	0.00	2.00	Esta muy cercano de otros árboles por lo que no tiene acceso a luz solar para crecer.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escorrentamiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
70	Bohom	<i>Cordia alliodora</i>	TC-30	6.05	7.00	4.00	0.40	0.00	7.40	Casi no tiene nada de follaje, y que no le da la luz directa del sol.
48	Árbol de la manzanita/ Wayate'	<i>Malpighia glabra</i>	TC-8	7.96	3.00	7.40	0.20	0.00	8.00	se recomienda reubicar en área de PLC ya que solo se censaron 4 individuos.
56	Akits	<i>Thevetia</i>	TC-16	3.82	5.00	1.40	0.10	0.00	2.20	El árbol no tiene acceso al sol. sol.
166	Akits	<i>Thevetia</i>	JN-6	1.78	9.00	29.70	4.20	0.30	83.70	Árbol que se encuentra cercano a la pata de vaca.
208	Flor de mayo blanco	<i>Plumeria obtusa</i>	RM-8	19.10	8.00	61.50	2.90	0.10	21.50	Se reubicará debido a que donde se encuentra no accede a la luz solar.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escorrentamiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
235	Akits	<i>Thevetia</i>	RM-35	3.50	7.00	1.30	0.40	0.00	7.00	Planta para reubicar, ya que está en un espacio donde no puede crecer.
578	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	GM-16	4.77	4.00	2.20	0.60	0.00	4.50	Se requiere trasplantar.
971	Akits	<i>Thevetia</i>	RM-146	3.18	2.5	1.90	0.20	0.00	0.90	Poda
1005	Akits	<i>Thevetia</i>	LP-112	3.50	3	1.00	0.20	0.00	1.30	Poda
970	Chaká	<i>Bursera simaruba</i>	RM-148	3.50	2.5	1.00	0.10	0.00	0.70	Poda
1033	Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>	EY-122	3.50	4	1.20	0.30	0.00	10.10	Urge cambio de lugar
300	Ya'ax eek'	<i>Chloroleucon mangense</i>	TC-60	7.96	5.3	7.60	0.70	0.10	33.40	Árbol en fase terminal, se recomienda remover.
246	Bohom	<i>Cordia alliodora</i>	CA-46	3.18	6.5	0.90	0.30	0.00	2.20	Árbol en fase terminal, se recomienda remover.
975	Siricote	<i>Cordia</i>	JN-84	3.82	5	1.30	0.10	0.00	0.50	Aglomeración de árboles
769	Negrilo	<i>Simarouba glauca</i>	LP-54	3.18	5	0.90	0.10	0.00	0.90	Ramas secas.
892	Ficus	<i>Ficus</i>	ER-123	4.46	13.2	9.40	0.90	1.50	452.90	Enredaderas y plagas.
1006	Álamo	<i>Ficus</i>	LP-113	4.77	5	2.30	0.50	0.00	4.90	Trasplante.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escorrentamiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
489	Siricote	<i>Cordia</i>	EM-9	5.41	4	6.20	0.80	0.20	53.10	Cerca de la barda, en buen estado.
884	Siricote	<i>Cordia</i>	ER-115	3.18	6	0.90	0.20	0.00	4.30	Ramas delgadas.
962	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>		4.14	3	1.50	0.20	0.00	2.10	Árbol en buen estado.

Cuadro 3. Listado de árboles identificados en el recorrido que requieren de forma urgente poda de saneamiento.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escorrimento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
2	Kitanché	<i>Caesalpinia sp.</i>	CA-2	26.42	10.00	284.70	15.50	1.12	335.40	Árbol sano cerca de la entrada principal.
74	Bohom	<i>Cordia alliodora</i>	TC-34	8.91	5.00	9.70	0.30	0.00	9.30	Tiene el tronco con hormigas, necesita poda de saneamiento.
153	Tsi tsil che	<i>Gymnopodium floribundum</i>	EY-31	23.55	8.00	286.40	12.40	0.80	232.80	Árbol que requiere poda y limpieza de ramas secas.
149	Kitanché	<i>Caesalpinia sp.</i>	EY-27	38.20	10.00	786.00	16.30	1.10	332.70	Árbol con muchas ramas secas, requiere poda

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	Identificación de captura del censo	DAP	Altura total	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escurrimiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
79	Árbol de la manzanita/ Wayate'	<i>Malpighia glabra</i>	TC-39	8.28	6.00	26.60	3.30	0.20	48.70	Esta mal podado, componer cortes. (poda de formación).
51	Tsi tsil che	<i>Gymnopodium floribundum</i>	TC-11	9.87	4.50	12.40	0.90	0.20	48.10	Requiere de una buena poda.
20	Ya' ax eek'	<i>Chloroleucon mangense</i>	AC-20	27.69	13.00	155.00	8.00	0.80	254.00	Podar las ramas secas y eliminar las hormigas.
71	Yaax Niik	<i>Vitex sp.</i>	TC-31	15.28	5.00	35.10	1.40	0.10	33.60	Tiene hormigas y ramas secas
214	Ya' ax eek'	<i>Chloroleucon mangense</i>	RM-14	35.97	19.1	376	5.40	0.50	149.10	Plaga de hormigas y ramas secas.
36	Boob	<i>Coccoloba diversifolia</i>	CA-36	14.96	15	38.10	2.70	0.10	44.00	Arbol con bromelias
864	Kitanché	<i>Caesalpinia</i>	ER-89	11.14	11	61.20	2.90	0.30	98.70	Árbol caído.
538	Kanchunup	<i>Clusia</i>	LP-16	22.92	13	99.20	3.90	0.10	21.50	Limpieza de enredaderas.

En el recorrido se eligieron árboles para remover que por tener el diámetro menor a 10 cm no se censaron, sin embargo, se encuentran en sitios donde por falta de espacio o porque no tienen acceso directo a la luz del sol no tienen un adecuado crecimiento.

Cuadro 4. Árboles a remover o reubicar.

#	Nombre común	Nombre científico	Labor	Comentario
1	Naranja Ché	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Reubicarlo	No se censo por que el DAP es menor a 10 cm.
2	Maculí rosa	<i>Tabebuia rosea</i>	Reubicarlo	No se censo por que el DAP es menor a 10 cm.
3	Pomolché	<i>Jatropha gaumeri</i>	Reubicarlo dentro del PLC.	Planta no censada, pero al ser removida se recomienda reubicar dentro del PLC ya que solo se censaron dos individuos con un DAP de mínimo 10 cm.
4	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Reubicarlo	No se censo por que el DAP es menor a 10 cm. Se encuentra en la jardinera enfrente la entrada principal.
5	Sutup	<i>Helicteres baruensis</i>	Reubicarlo dentro del PLC.	No se censo por que el DAP es menor a 10 cm. Se encuentra en su sitio con mucha sombra, por lo que el árbol no va a crecer.
6	Pomolché	<i>Jatropha gaumeri</i>	Reubicarlo dentro del PLC.	No se censo por que el DAP es menor a 10 cm. Se recomienda reubicar en otra área del PLC porque ya que de esta especie hay pocos individuos.
5	Barba de Chivo	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Eliminar	Se recomendó eliminar, árbol que no fue censado su DAP es menor a 10 cm.”
7	Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>	Reubicarlo	Árbol con diámetro menor a 10cm, se recomienda embolsar para reubicar. Se encuentra frente a la ceiba de la danza de telas.
8	Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>	Reubicarlo.	Los árboles que se encuentran en las jardineras que tienen altura de 30-100 cm, deben ser embolsados para reuicarlos.

Durante el taller surgió la recomendación de elegir 10 árboles en PLC y tomando sus datos en la tabla del censo realizar letreros que se pongan para que los visitantes conozcan los valores del servicio ambiental que el árbol brinda. Para dar seguimiento en la captura y almacenamiento del carbono, deben medirse los árboles dos veces al año e ir actualizando los datos en tabla comparativa en el letrero que tendrán, esto con la finalidad que los visitantes valoren el árbol desde una perspectiva funcional de las aportaciones en servicio ambiental que brindan y no únicamente como estético.

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	DAP	Altura total	FECHA	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escurrimiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
44	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	13.69	10.00	30 de agosto de 2017	28.70	4.20	0.10	34.60	Entrada principal, dentro de la jardinera
161	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	15.28	8.00	30 de agosto de 2017	36.30	0.90	0.10	19.90	Frente entrada principal, árbol chueco
1083	Ceiba	<i>Ceiba Pentandra</i>	41.38	11.00	4 de agosto de 2017	398.30	34.50	2.10	620.60	Ceiba donde están las telas

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	DAP	Altura total	FECHA	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escorrimento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
1024	Kulinché	<i>Astronium graveolens</i>	19.00	13.00	12 de octubre de 2017	64.80	3.80	0.10	17.90	Árbol cercano al pozo y meliponario
933	Granadillo	<i>Platymiscium</i>	24.20	16.00	28 de septiembre de 2017	113.50	5.30	0.30	98.10	
404	Zapote	<i>Manilkara zapota</i>	47.75	10.00	14 de septiembre de 2017	559.10	13.20	0.60	196.00	Árbol frente a la jardinera, frente al barco
491	Kulinché	<i>Astronium graveolens</i>	38.20	10.00	14 de septiembre de 2017	331.30	11.50	1.00	313.30	
688	Kulinché	<i>Astronium graveolens</i>	27.37	13.00	28 de septiembre de 2017	151.90	7.40	0.20	54.80	

# en base de datos	Nombre común	Nombre científico	DAP	Altura total	FECHA	Carbono almacenado (kg)	Secuestro bruto de carbono (kg/año)	Escurrimiento evitado (m ³ /año)	Eliminación de la contaminación (g/año)	Comentario
	Negrilo	<i>Simarouba glauca</i>	31.50							Cerca del Tata, árbol no encontrado en la base de datos
	Chun tok	<i>Semialarium mexicanum</i>	34.80							Cerca del Tata, árbol no encontrado en la base de datos
1002	Chechén	<i>Metopium brownei</i>	28.33	14.00	12 de octubre de 2017	166.90	7.70	0.50	165.70	Árbol dentro la jardinera, donde está la canoa



Índice de ANEXOS

Anexo I. Listado de las especies con claves i-Tree.

Anexo II. Modelo Eco y Mediciones de Campo para i-Tree

Anexo III. Efectos relativos del arbolado

Anexo IV. Recomendaciones generales para mejorar la calidad el aire.

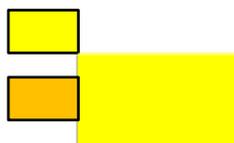
Anexo V. Árboles que se recomiendan remover de Parque La Ceiba.

Anexo I. Listado de especies con claves de i-Tree identificadas en el censo de árboles del Parque La Ceiba.

#	Familia	Nombre científico	Nombre común	Clave I-tree
1	Leguminosae	<i>Acacia cornígera</i>	Subín	ACCO5
2	Arecaceae	<i>Adonidia merrilli</i>	Palma kerpis	ADME
3	Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	Saramuyo	ANSQ
4	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	K'ulinche'	ASGR
5	Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Neem	AZIN
6	Leguminosae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de Vaca	BA13
7	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	BRAL3
8	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacá	BUSI
9	Malpighiaceae	<i>Byrsonima sp.</i>	Sac-pah	BY1
10	Leguminosae	<i>Caesalpinia sp.</i>	Taa k'in che'	CA5
11	Rutaceae	<i>Casimiroa sp.</i>	Yuii	CA54
12	Urticaceae	<i>Cecropia sp.</i>	Guarumbo	CE4
13	Malvaceae	<i>Ceiba Pentandra</i>	Ceiba	CEPE
14	Leguminosae	<i>Chloroleucon mangense</i>	Ya' ax eek'	MACLASS
15	Fagaceae	<i>Chrysolepis sp.</i>	Chinquapin	CH27
16	Clusiaceae	<i>Clusia sp</i>	Kanchunup	CL13
17	Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>	Boob ch'iich'	CO4
18	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Boob	CODI
19	Arecaceae	<i>Coccothrinax sp.</i>	Palma nakax	CO5
20	Boraginaceae	<i>Cordia sp.</i>	Siricote de costa	CO29
21	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Bohom	COAL2
22	Boraginaceae	<i>Cordia sebestena</i>	Siricote de monte	COSE2
23	Euphorbiaceae	<i>Croton sp.</i>	Peres-kuch	CR9
24	Leguminosae	<i>Delonix regia</i>	Flamboyán	DERE
25	Leguminosae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Tzutzuc	DI7
26	Rutaceae	<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Naranja Ché	ESBE
27	Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	Eugenia	EU6
28	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia sp.</i>	<i>Euphorbia</i>	EU8
29	Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	Ficus	FI1

#	Familia	Nombre científico	Nombre común	Clave I-tree
30	Leguminosae	<i>Gliricidia sp.</i>	Saak Kiab	GL4
31	Rubiaceae	<i>Guettarda sp.</i>	Tastab	GU6
32	Rubiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Pichiche	GUEL
33	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Tzitzilché	MACLASS
34	Leguminosae	<i>Haematoxylum campechianum</i>	Tinto	HACA2
35	Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>	X'kanan	HAPA3
36	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majagua	MACLASS
37	Leguminosae	<i>Havardia sp.</i>	Chucum	HA13
38	Euphorbiaceae	<i>Jatropha sp.</i>	Jatropha	JA7
39	Salicaceae	<i>Laetia sp.</i>	Latifoliada	LA3
40	Lauraceae	<i>Licaria sp.</i>	Jo' che'	LI2
41	Leguminosae	<i>Lonchocarpus sp.</i>	K'anasín	LO4
42	Leguminosae	<i>Lonchocarpus punctatus</i>	Balché	LOPU4
43	Leguminosae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam	LYLA
44	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Mora	MATI3
45	Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>	Elemuy	MACLASS
46	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Árbol de manzanita	MAGL6
47	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote	MAZA
48	Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	Paraíso	MEAZ
49	Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Guaya	MEBI
50	Anacardiaceae	<i>Metopium sp.</i>	Chechén	BR7
51	Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	MUCA4
52	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Nectandra	NECO
53	Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i>	Tatsi	NE2
54	Polygonaceae	<i>Neomillspaughia emarginata</i>	Sakiitza	MACLASS
55	Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i>	Pimienta gorda	PIDI3
56	Leguminosae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin	PIPI1
57	Leguminosae	<i>Platymiscium sp.</i>	Granadillo	PL2
58	Apocynaceae	<i>Plumeria obtusa</i>	Flor de mayo blanca	PLOB2
59	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	Flor de Mayo	PLRU
60	Arecaceae	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	Kuká	PSSA
61	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	PSGU
62	Rubiaceae	<i>Randia sp.</i>	K'aax	RA1
63	Arecaceae	<i>Roystonea regia</i>	Palma real	RORE
#	Familia	Nombre científico	Nombre común	Clave I-tree
64	Arecaceae	<i>Sabal mexicana</i>	Huano	SAME8
65	Celastraceae	<i>Semialarium mexicanum</i>	Chun tok	MACLASS
66	Leguminosae	<i>Senna racemosa</i>	K'anha'abin	SERA5
67	Sapotaceae	<i>Sideroxylon sp.</i>	Caracolillo	BU8
68	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Pasak	SIGL
69	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Jobo	SPMO

70	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Maculí rosa	TARO
71	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Xkanlol	TEST
72	Apocynaceae	<i>Thevetia sp.</i>	Akits	TH6
73	Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i>	Campanita	THPE3
74	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Palma chí'it	THPA
75	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Piyox	TRMI
76	Meliaceae	<i>Trichilia sp.</i>	Chobenche	TR8
77	Lamiaceae	<i>Vitex sp.</i>	Yaax Niik	VI5
78	Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Xiik che	ZAFA
79	Leguminosae	<i>Zygia sp.</i>	Zygia	ZY



Plantas nativas

Plantas introducidas

Anexo II. Modelo Eco y Mediciones de Campo para i Tree

i-Tree Eco está diseñado para utilizar datos de campo estandarizados de parcelas ubicadas aleatoriamente y contaminación local por hora y datos meteorológicos para cuantificar la estructura forestal urbana y sus numerosos efectos (Nowak y Crane 2000), incluyendo:

-  Estructura forestal urbana (por ejemplo, composición de especies, salud de los árboles, área foliar, etc.).
-  Cantidad de contaminación eliminada cada hora por el bosque urbano, y su porcentaje asociado de mejora de la calidad del aire durante un año.
-  El carbono total almacenado y el carbono neto anualmente secuestrado por el bosque urbano.
-  Efectos de los árboles sobre el uso energético de construcción y los consecuentes efectos sobre las emisiones de dióxido de carbono de fuentes de poder.
-  Valor estructural del bosque, así como el valor de la eliminación de la contaminación atmosférica y del almacenamiento y secuestro de carbono.
-  Impacto potencial de las infestaciones por plagas, tales como el escarabajo asiático, broca esmeralda de los fresnos, polilla gitana y la enfermedad holandesa del olmo.

Normalmente, todos los datos de campo se recogen durante la temporada de hojas para evaluar adecuadamente los árboles. Una toma típica de datos incluye el uso de la tierra, el suelo y la cubierta del árbol, el árbol individual, los atributos de las especies, el diámetro del tallo, la altura, el ancho de la corona, la copa de la corona y la distancia y dirección a edificios residenciales (Nowak et al 2005; Nowak et al 2008).

Durante la recolección de datos, los árboles se identifican con la clasificación taxonómica más específica posible. Los árboles que no son clasificados al nivel de la especie deben clasificarse por género (por ejemplo, Ficus) o grupos de especies (por ejemplo, latifoliadas). En este informe, especies de árboles, géneros o grupos de especies se denominan colectivamente especies arbóreas.

Características del árbol:

El área foliar de los árboles se evaluó mediante la medición de las dimensiones de la corona y el porcentaje de la copa de corona que faltaba. En el caso de que no se recogieran estas variables de datos, éstas son estimadas por el modelo.

Un análisis de especies invasoras no está disponible para estudios fuera de los Estados Unidos. Para los Estados Unidos, las especies invasoras se identifican utilizando una lista de especies invasivas para el estado en el que se encuentra el bosque urbano. Estas listas no son exhaustivas y abarcan especies invasoras de diversos grados de invasividad y distribución. Para las especies de árboles que son identificadas como invasivas por la lista de especies invasoras del estado se hacen referencias cruzadas con datos de rango nativo. Esto ayuda a eliminar especies que están en la lista de especies invasoras del estado, pero que son nativas del área de estudio.

Eliminación de la contaminación atmosférica:

La eliminación de la contaminación se calcula para el ozono, el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno, el monóxido de carbono y las partículas de menos de 2,5 micras. Las partículas de menos de 10 micras (PM₁₀) son otro contaminante importante del aire. Dado que i-Tree Eco analiza material en partículas de menos de 2,5 micras (PM_{2.5}) que es un subconjunto de PM₁₀, esta no ha sido incluidos en este análisis. Por lo general, la PM_{2.5}es más pertinente en los debates sobre los efectos de la contaminación en la salud humana.

Las estimaciones de la eliminación de la contaminación atmosférica se derivan de las resistencias de los canopes, calculadas para el ozono, el azufre y dióxidos de nitrógeno basados en un modelo híbrido de deposición de hojas grandes y multicapa (Balducchi 1988, Balducchi et al 1987). Como la eliminación del monóxido de carbono y de las partículas en la vegetación no está directamente relacionada con la transpiración, las tasas de remoción (velocidades de deposición) para estos contaminantes se basaron en valores medidos de la literatura (Bidwell y Fraser 1972, Lovett 1994) que se ajustaron en función de la fenología de las hojas y el área foliar.

La eliminación de partículas incorporó una tasa de resuspensión del 50 por ciento de las partículas de vuelta a la atmósfera (Zinke 1967). Las recientes actualizaciones (2011) del modelo de calidad del aire se basan en simulaciones mejoradas del índice de área foliar, el procesamiento e interpolación de la contaminación y los valores monetarios de los contaminantes actualizados (Hirabayashi et al 2011; Hirabayashi et al 2012; Hirabayashi 2011).

Los árboles eliminan PM_{2.5} cuando la materia particulada se deposita sobre las superficies de las hojas (Nowak et al 2013). Estos PM_{2.5} depositados pueden ser resuspendidos a la atmósfera o eliminados durante eventos de lluvia y disueltos o transferidos al suelo. Esta combinación de eventos puede conducir en la eliminación de la contaminación positiva o negativa y al valor dependiendo de varios factores. Generalmente, la eliminación de PM_{2.5} es positiva con beneficios positivos. Sin embargo, hay algunos casos en que la eliminación neta es negativa o bien las partículas resuspendidas conducen a un aumento de las concentraciones de contaminación y valores negativos. Durante algunos meses (por ejemplo, sin lluvia), los árboles resuspenden más partículas de las que eliminan. La resuspensión también puede llevar a un aumento de las concentraciones totales de PM_{2.5} si las condiciones de la capa límite son menores durante los períodos netos de resuspensión que durante los períodos netos de eliminación. Dado que el valor de eliminación de la contaminación se basa en el cambio en la concentración de la contaminación, es posible tener situaciones en las que los árboles eliminan PM_{2.5} pero aumentan las concentraciones y, por lo tanto, tienen valores negativos durante los períodos de eliminación global positiva. Estos eventos no son comunes, pero pueden ocurrir.

Para reportes en los Estados Unidos, el valor de eliminación de la contaminación atmosférica por defecto se calcula sobre la base de la incidencia local de efectos adversos de salud y los costos medianos nacionales de externalidad. El número de efectos adversos para la salud y el valor económico asociado se calcula valor para el ozono, el dióxido de azufre, el dióxido

de nitrógeno y las partículas de menos de 2,5 micrones utilizando datos del Programa de Análisis y Mapeo de Beneficios Ambientales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (BenMAP) (Nowak et al., 2014). El modelo utiliza un enfoque de daño-función que se basa en el cambio local en la contaminación, concentración y población. Los costos de externalidad mediana nacional se utilizaron para calcular el valor del monóxido de carbono (Murray y col., 1994).

Para los reportes internacionales, se utilizan los valores de contaminación local definidos por el usuario. Para los informes internacionales que no tienen valores locales, las estimaciones se basan en los valores europeos de la externalidad mediana (van Essen et al 2011) o BenMAP

(Nowak et al 2014) que incorporan estimaciones de población definidas por el usuario. Los valores son entonces convertidos a moneda local con tipos de cambio definidos por el usuario.

Para este análisis, el valor de eliminación de la contaminación se calcula sobre la base de los precios de 27.380 pesos mexicanos por tonelada (CO), Mex \$ 192.772 por tonelada (O3), Mex \$ 192.772 por tonelada (NO2), Mex \$ 47.194 por tonelada (SO2), Mex \$ 128,705 por tonelada (partículas de menos de 2,5 micras).

Almacenamiento y Secuestro de Carbono:

El almacenamiento de carbono es la cantidad de carbono unido en las partes subterráneas y subterráneas de la vegetación leñosa. Para calcular el almacenamiento de carbono actual, la biomasa para cada árbol se calculó usando ecuaciones de la literatura y datos de árboles medidos. Los árboles de cultivo abierto y mantenidos tienden a tener menos biomasa de la prevista por las ecuaciones de biomasa derivadas del bosque. Para ajustar esta diferencia, los resultados de biomasa para árboles urbanos se multiplicaron por 0.8. No se realizó ningún ajuste para los árboles que se encuentran en condiciones naturales. La biomasa seca de los árboles fue convertida en carbono almacenado multiplicando por 0.5.

El secuestro de carbono es la eliminación del dióxido de carbono del aire por las plantas. Para estimar la cantidad bruta de carbono secuestrada anualmente, el crecimiento del diámetro promedio de los géneros apropiados y la clase de diámetro y fue añadida la condición del árbol al diámetro del árbol existente (año x) para estimar el diámetro del árbol y el almacenamiento de carbono en el año $x + 1$.

Los valores de almacenamiento de carbono y secuestro de carbono se basan en valores de carbono locales estimados o personalizados. Para los reportes internacionales que no tienen valores locales, las estimaciones se basan en el valor del carbono para los Estados Unidos. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos 2015, Grupo de Trabajo Interagencial sobre el Costo Social del Carbono 2015) y convertidos a moneda local con tipos de cambio definidos por el usuario. Para este análisis, los valores de almacenamiento de carbono y secuestro de carbono se calculan en base a Mex \$ 146.7 por tonelada.

Producción de oxígeno:

La cantidad de O₂ producido se calcula a partir del secuestro de carbono basado en pesos atómicos: liberación neta de O₂ (Kg / año) = captura neta de secuestro de C (kg / año) × 32/12. Para estimar la tasa neta de captura de carbono, la cantidad de carbono secuestrado como resultado del crecimiento de los árboles se reduce por la cantidad perdida resultante de la mortalidad de los árboles. Así, el carbono neto secuestrado y la producción neta anual de oxígeno de la cuenta forestal urbana para la descomposición. Para los proyectos de inventario completo, la producción de oxígeno se calcula a partir del secuestro bruto de carbono y no cuenta en la descomposición.

Escorrentía evitada por aumento de infiltración

La escorrentía superficial anual evitada se calcula sobre la base de la interceptación de lluvias por la vegetación, específicamente la diferencia entre el escurrimiento anual con y sin vegetación. Aunque las hojas, las ramas y la corteza del árbol pueden interceptar la precipitación y así mitigar la escorrentía superficial, sólo la precipitación interceptada por las hojas se cuenta en este análisis.

El valor de escorrentía evitada se basa en valores locales estimados o definidos por el usuario. Para los informes internacionales que no tienen valores locales, el valor promedio nacional de los Estados Unidos se utiliza y se convierte en moneda local con tipos de cambio definidos por

el usuario. El valor de escorrentía evitada de los Estados Unidos se basa en la Serie Guía de Árboles Comunitarios del Servicio Forestal de los Estados Unidos (McPherson et al, 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2010; Peper et al 2009; 2010; Vargas et al 2007a; 2007b; 2008). Para este análisis, el valor de escorrentía evitado se calcula sobre la base del precio de US \$ 2.361 por m³.

Uso de Energía en Edificios:

Si se recopilaron datos de campo apropiados, se calcularon los efectos estacionales de los árboles en el uso de energía para edificios residenciales basados en los procedimientos descritos en la literatura (McPherson y Simpson 1999) usando la distancia y la dirección de los árboles desde las estructuras residenciales, la altura de los árboles y los datos de las condiciones de los árboles. Para calcular el valor monetario del ahorro energético, se utilizan precios locales o personalizados por MWH o MBTU.

Para este análisis, el valor de ahorro de energía se calcula sobre la base de los precios de Mex \$ 116.15 por MWH y Mex \$ 17.30 por MBTU.

Potenciales impactos de plagas:

El análisis potencial completo del riesgo de plagas no está disponible para estudios fuera de los Estados Unidos. El número de árboles en riesgo a las plagas analizadas es reportado, aunque la lista de plagas se basa en insectos conocidos y enfermedades en los Estados Unidos.

Mapas de la gama de plagas para 2012 del Equipo Forestal de Empresas de Tecnología de la Salud (FHTET) (Forest Health Technology Enterprise Team 2014) se utilizaron para determinar la proximidad de cada plaga al condado en el que el bosque urbano se encuentra. Para el condado, se estableció si el insecto / enfermedad ocurre dentro del condado, es dentro de 400 kilómetros de la frontera del condado, está entre 400 y 1210 kilómetros de distancia, o es mayor que 1210

kilómetros de distancia. FHTET no tenía mapas de rango de plagas para la enfermedad de olmo holandés y la niebla de castaña. El rango de estas plagas se basó en la ocurrencia conocida y en el rango de huéspedes, respectivamente (Centro de Evaluación de Amenaza Ambiental del Bosque oriental; Worrall 2007).

Efectos relativos del arbolado

El valor relativo de los beneficios de los árboles que se consignan en el Anexo II es calculado para secuestro y eliminación de contaminantes atmosféricos equivalentes a cantidades de emisiones municipales de carbono, emisiones de automóviles de pasajeros y emisiones de la casa.

Las emisiones municipales de carbono se basan en las emisiones de carbono per cápita de los Estados Unidos en 2010 (Carbon Dioxide Information Analysis Center 2010). Las emisiones per cápita se multiplicaron por la población de la ciudad para estimar las emisiones totales de carbono de la ciudad.

Tasas de emisión de vehículos ligeros (g/mi) para CO, NO_x, COV, PM₁₀ y SO₂ para 2010 (Bureau of Transportation Statistics 2010; Heirigs et al 2004), PM_{2.5} para 2011-2015 (California Air Resources Board 2013) y CO₂ para 2011 (U.S. Environmental Protection Agency 2010) se multiplicaron por millas promedio conducidas por vehículo en 2011 (Federal Highway Administration 2013) para determinar las emisiones promedio por vehículo. Las emisiones de los hogares se basan en el consumo medio de electricidad kWh, el uso de gas natural Btu, el uso de combustible Btu, el queroseno, el uso de Btu, el uso de GLP Btu y el uso de madera Btu por hogar en 2009 (Energy Information Administration 2013; y 2014).

-  Las emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x por kWh provienen de Leonardo Academy 2011. Emisión de CO por kWh asume que 1/3 del uno por ciento de las emisiones de C es CO basado en Energy Information Administration 1994. Emisiones PM₁₀ por kWh provienen de Layton 2004.
-  Emisiones de CO₂, NO_x, SO₂ y CO por Btu para gas natural, propano y butano (media utilizada para representar GLP), Combustible # 4 y # 6 (promedio utilizado para representar la gasolina y el queroseno) de Leonardo Academy 2011.
-  Emisiones de CO₂ por Btu de madera de Energy Information Administration 2014.
-  Emisiones de CO, NO_x y SO_x por Btu sobre la base de las emisiones totales y la quema de madera (toneladas) de (British Columbia Ministry 2005; Comisión Forestal de Georgia 2009).

Anexo III. Efectos relativos del arbolado

El bosque urbano en Parque La Ceiba de Playa del Carmen, QR ofrece beneficios que incluyen almacenamiento y secuestro de carbono y eliminación de contaminantes del aire. Para estimar el valor relativo de estos beneficios, se compararon los beneficios de los árboles con las emisiones de carbono municipales promedio, las emisiones promedio de automóviles de pasajeros y las emisiones medias de los hogares. (Véase el Anexo II para la metodología).

El almacenamiento de carbono es equivalente a:

-  Cantidad de carbono emitida en Parque La Ceiba Playa del Carmen en 0 días
-  Emisiones anuales de carbono (C) de 40 automóviles
-  Emisiones anuales de C de 17 casas unifamiliares

La remoción de monóxido de carbono es equivalente a:

-  Emisiones anuales de monóxido de carbono de 0 automóviles
-  Emisiones anuales de monóxido de carbono de 1 casa unifamiliar

La eliminación de dióxido de nitrógeno es equivalente a:

-  Emisiones anuales de dióxido de nitrógeno de 1 automóvil
-  Emisiones anuales de dióxido de nitrógeno de 0 casas unifamiliares

La eliminación de dióxido de azufre es equivalente a:

-  Emisiones anuales de dióxido de azufre de 62 automóviles
-  Emisiones anuales de dióxido de azufre de 0 viviendas unifamiliares

El secuestro de carbono anual es equivalente a:

-  Cantidad de carbono emitida en Parque La Ceiba Playa del Carmen en 0.0 días
-  Emisiones anuales de C de 0 automóviles
-  Emisiones anuales de C de 0 viviendas unifamiliares

Anexo IV. Recomendaciones generales para mejorar la calidad del aire

La vegetación urbana puede afectar directa e indirectamente la calidad del aire local y regional alterando el ambiente de la atmósfera urbana. Cuatro maneras principales en que los árboles urbanos afectan la calidad del aire son (Nowak 1995):

-  Reducción de la temperatura y otros efectos del microclima
-  Eliminación de contaminantes del aire
-  Emisión de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y emisiones de mantenimiento de árboles
-  Efectos energéticos en edificios

Los efectos acumulativos e interactivos de los árboles sobre el clima, la eliminación de la contaminación y las emisiones de VOC y centrales eléctricas determinan el impacto de los árboles en la contaminación del aire. Los estudios acumulativos sobre los impactos de los árboles urbanos sobre el ozono han revelado que el aumento de la cubierta urbana del dosel, particularmente con las especies que emiten bajo VOC, conduce a la reducción de concentraciones de ozono en las ciudades (Nowak 2000). Las decisiones locales de gestión urbana también pueden ayudar a mejorar la calidad del aire.

Las estrategias de manejo forestal urbano para ayudar a mejorar la calidad del aire incluyen (Nowak 2000):

Estrategia	Resultado
Aumentar el número de árboles sanos	Aumenta la eliminación de contaminación
Sostener la cubierta arbórea existente	Mantiene los niveles de eliminación de la contaminación
Maximizar el uso de árboles de baja emisión de VOC	Reducir la formación de ozono y monóxido de carbono
Sostener árboles grandes y sanos	Los árboles grandes tienen los mayores efectos por árbol
Utilizar árboles de larga vida	Reducir las emisiones de contaminantes a largo plazo de la siembra y remoción
Utilizar árboles de bajo mantenimiento	Reducir las emisiones de contaminantes de las actividades de mantenimiento
Reducir el uso de combustibles fósiles en el mantenimiento de la vegetación	Reducir las emisiones contaminantes
Plantar árboles en lugares que conservan energía	Reducir las emisiones contaminantes de las centrales eléctricas
Plantar árboles para dar sombra a los automóviles estacionados	Reducir las emisiones vehiculares VOC
Suministrar abundante agua a la vegetación	Mejorar la eliminación de la contaminación y la reducción de la temperatura
Plantar árboles en áreas contaminadas o muy pobladas	Maximizar los beneficios de la calidad del aire en los árboles
Evitar las especies sensibles a los contaminantes	Mejorar la salud de los árboles
Utilizar árboles perennes para eliminar partículas	Elimina partículas a lo largo de todo el año

7. Citas Bibliográficas

1. Baldocchi, D. 1988. **A multi-layer model for estimating sulfur dioxide deposition to a deciduous oak forest canopy.** Atmospheric Environment. 22: 869-884.
2. Baldocchi, D.D.; Hicks, B.B.; Camara, P. 1987. **A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces.** Atmospheric Environment. 21: 91-101.
3. Bidwell, R.G.S.; Fraser, D.E. 1972. **Carbon monoxide uptake and metabolism by leaves.** Canadian Journal of Botany. 50: 1435-1439.
4. British Columbia Ministry of Water, Land, and Air Protection. 2005. **Residential wood burning emissions in British Columbia.** British Columbia.
5. Bolniarz, D. and H. Dennis, P. Ryan 1996. **The use of volunteer initiatives in conducting urban forest resource inventories.** Journal of Arboriculture 22(2) March. 75-81.
6. California Air Resources Board. 2013. **Methods to Find the Cost-Effectiveness of Funding Air Quality Projects. Table 3 Average Auto Emission Factors.** CA: California Environmental Protection Agency, Air Resources Board.
7. Carbon Dioxide Information Analysis Center. 2010. **CO2 Emissions (metric tons per capita).** Washington, DC: The World Bank.
8. Chaparro, L. y J. Terradas. 2009. **Ecological Services of urban Forest in Barcelona.** CREA. Universitat Autònoma de Barcelona. <https://www.itreetools.org/resources/reports/Barcelona%20Ecosystem%20Analysis.pdf>
9. Federal Highway Administration. 2013. Highway Statistics 2011. Washington, DC: Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Table VM-1.
10. Energy Information Administration. 2013. **CE2.1 Fuel consumption totals and averages, U.S. homes.** Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.
11. Energy Information Administration. 2014. **CE5.2 Household wood consumption.** Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.
12. Freilicher, E.M. 2010. **Evaluating Federal Urban Forestry Performance Measures in Massachusetts (U.S.A.).** Univ. of Mass Amherst. Master Thesis 1911 Feb 2014. <http://scholarworks.umass.edu/theses/509>
13. Georgia Forestry Commission. 2009. **Biomass Energy Conversion for Electricity and Pellets Worksheet.** Dry Branch, GA: Georgia Forestry Commission.
14. 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
15. Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2011. **Component-based development and sensitivity analyses of an air pollutant dry deposition model.** Environmental Modeling and Software. 26(6): 804-816.

16. Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2012. **i-Tree Eco Dry Deposition Model Descriptions V 1.0**
17. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. 2015. **Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis** Under Executive Order 12866. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/scc-tds-final-july-2015.pdf>
18. Lovett, G.M. 1994. **Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective**. Ecological Applications. 4: 629-650.
19. McPherson, E.G. 2014. **Monitoring million trees LA: Tree performance During the early years and future benefits**. Arboriculture & Urban Forestry 40(5): 286-301.
20. McPherson, E.G., J.R. James, P.J. Peper, Sh.L. Vargas, X.E. Kelaine. 2007 **Northeast community tree guide: benefits, costs and strategic planting**. Gen. Tech Rep. PSW-GTR-202. Albany CA, U.S.D.A., Forest Service, Pacific SW research St. 106 p.
21. Murray, F.J.; Marsh L.; Bradford, P.A. 1994. **New York State Energy Plan**, vol. II: issue reports. Albany, NY: New York State Energy Office.
22. Nowak, D.J. 1995. Trees pollute? **A "TREE" explains it all**. In: Proceedings of the 7th National Urban Forestry Conference. Washington, DC: American Forests: 28-30.
23. Nowak, D.J. 2000. **The interactions between urban forests and global climate change**. In: Abdollahi, K.K.; Ning, Z.H.; Appeaning, A., eds. Global Climate Change and the Urban Forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press: 31-44.
24. Nowak, D.J.; Crane, D.E. 2000. **The Urban Forest Effects (UFORE) Model: quantifying urban forest structure and functions**. In: Hansen, M.; Burk, T., eds. Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century. Proceedings of IUFRO conference. Gen. Tech. Rep. NC-212. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station: 714-720.
25. Nowak, D.J.; Hoehn, R.E.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Walton, J.T; Bond, J. 2008. **A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services**. Arboriculture and Urban Forestry. 34(6): 347-358.
26. Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Hoehn, R.E. 2005. **The urban forest effects (UFORE) model: field data collection manual**. V1b. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, 34 p. http://www.fs.fed.us/ne/syracuse/Tools/downloads/UFORE_Manual.pdf.
27. Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Hoehn, R. 2013. **Modeled PM2.5 removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects**. Environmental Pollution. 178: 395-402
28. Soares, A.L. et al. **Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal**. Urban Forestry & Urban greening (2011), doi: 10.1016/j.ufug.2010.12.001
29. Santamour, F.S. Jr. 1990. **Trees for Urban planting: diversity uniformity and common sense**. Proceedings of the Seventh Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance. The Morton Arboretum Lisle, Illinois
30. Trejo-Torres, J.C. & G.D. Gann. 2014-2016. **Plantas del Mayab: Plantas para Todos**. v. 2.0, portal de internet. The Institute for Regional Conservation – Programa para la Península de

- Yucatán. Mérida, Yucatán, México. [Portal botánico www.plantasdelmayab.com, disponible desde 01/enero/2014].
31. van Essen, H.; Schroten, A.; Otten, M.; Sutter, D.; Schreyer, C.; Zandonella, R.; Maibach, M.; Doll, C. 2011. **External Costs of Transport in Europe**. Netherlands: CE Delft. 161 p.
 32. Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; et.al. 2007a. **Interior West Tree Guide**.
 33. Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2007b. **Temperate Interior West Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting**.
 34. Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2008. **Tropical community tree guide: benefits, costs, and strategic planting**. PSW-GTR-216. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-216. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.
 35. Worrall, J.J. 2007. **Chestnut Blight. Forest and Shade Tree Pathology**. Page 35 http://www.forestpathology.org/dis_chestnut.html
- Zinke, P.J. 1967. **Forest interception studies in the United States**. In: Sopper, W.E.; Lull, H.W., eds. Forest Hydrolog



El entendimiento de la estructura del arbolado urbano, su función y valor ayuda a la toma de decisiones que mejoran la salud humana y la calidad del medio ambiente. Por esto, se llevó a cabo una evaluación y diagnóstico de la estructura del arbolado, así como de su función y valor en el Parque La Ceiba de Playa del Carmen, Q.R. Esta evaluación se llevó a cabo a través de un censo total, utilizando la herramienta i-Tree ECO V6.03 desarrollada por el U.S. Forest Service, que cabe mencionar, realiza estos cálculos debido a los algoritmos y fórmulas del programa con la información sobre el crecimiento y los servicios ambientales de seis mil especies de árboles de todo el mundo.