



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS (UNICACH).
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ECOLÓGICA**

SUBSEDE NUEVA PALESTINA

T E S I S

**ANALISIS DEL ECOSISTEMA
CAÑON DEL SUMIDERO PARAJE “LOMA
LARGA” TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERA EN ECOLOGÍA

PRESENTA:

MIRIAM ESTEFANY BRIONES RECINOS

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. JUAN PABLO GÓMEZ GONZÁLEZ

NUEVA PALESTINA, OCOSINGO, CHIAPAS, A 10 JUNIO DEL 2022.





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
10 de junio de 2022

C. Miriam Estefany Briones Recinos

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ecológica

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Análisis del Ecosistema Cañón del Sumidero paraje "Loma Larga" Tuxtla Gutiérrez,
Chiapas.

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

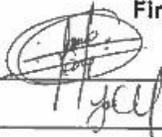
Revisores

Lic. José Gómez Sánchez

Lic. Josefa de la Cruz Morales

M.C. Juan Pablo Gómez González

Firmas:




C.c.p. Expediente



DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico de forma muy especial a mi Madre, Guadalupe Recinos Pérez, por su amor, consejos, comprensión y sacrificio. Por ser mí guía en el difícil camino de la vida.

A mi Hijo

Leonardo Maciel Briones por toda la fuerza que me dio para seguir adelante y no fue nunca un obstáculo en el transcurso de este proyecto, por su colaboración en permitirme terminar el futuro de el mismo.

A mi familia

A toda la familia Recinos y Maciel Diego le agradezco el apoyo brindado y por ayudarme cuando lo necesitaba, a cada uno de los integrantes de mi familia les doy las gracias por seguir creyendo en mí.

A mis amigos y compañeros de carrera, por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo el proceso de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Dios

Agradezco a Dios por esta hermosa oportunidad, bendiciones, sabiduría de estar conmigo en las buenas y malas durante toda mi carrera, por cuidarme día, noche y apoyándome para salir adelante. Gracias por tu inagotable amor.

Institución

A la Universidad de Ciencias Y Artes de Chiapas, por todo el apoyo brindado y facilidades otorgadas para concluir los estudios de ingeniería.

A la escuela de ingeniería Ecológica, por todo el apoyo brindado y facilidades otorgadas para concluir los estudios de licenciatura. Con gran respeto y admiración a todo el personal administrativo (M.C. Juan Pablo, M.C. Peter, Lic. José, Lic. Josefa, Biólogo Rodolfo). Por su siempre atención a mi persona.

Académicos

Sin ninguna duda este proyecto no habría sido posible sin el apoyo y confianza de ser mi director de tesis al M.C. Juan Pablo Gómez González a quien agradezco por haberme brindado la oportunidad de dar un logro en mi formación académica; un agradecimiento especial al Lic. José Gómez Sánchez quien se tomó el tiempo de revisar y dar observaciones claras y puntuales al desarrollo de este trabajo.

Personales

El haber llegado hasta este punto de mi vida y formación académica se lo debo en gran parte al amor, apoyo y absoluta confianza de mi Madre, a la cual debo tanto de lo que soy y tengo hoy en día, de igual forma a mi Hijo y a mi compañero de vida Benito Maciel Diego quien siempre me prestó su apoyo en vida, firmeza, fortaleza y amor incondicional, a ambos agradezco.

A todo el personal docente y administrativo de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por las enseñanzas impartidas durante mi carrera profesional.

M.C. Juan Pablo Gómez González

Con profundo agradecimiento, por la paciencia y su siempre disponibilidad a mi persona. No tengo forma de agradecer todo el apoyo brindado y hacerme creer que puedo salir adelante. Gracias Maestro en Ciencias y todos los logros obtenidos durante mi formación, lo cuales sin su acertada asesoría no hubiera sido posible.

Lic. José Gómez Sánchez Lic., gracias por todos los conocimientos adquiridos durante la carrera, por exigir para el bien de uno. Por todo lo aprendido en la licenciatura, Gracias por las sugerencias muy enriquecedoras.

Lic. Josefa de la Cruz Morales

A usted Lic. Por el apoyo que me brindo siendo de otra academia se tomo el tiempo con las observaciones conceptuales tan complejas pero muy acertadas y fundamentales en mi proyecto de tesis. Le agradezco infinitamente.

Compañeros y amigos

A cada una de las personas que tuve la fortuna de conocer durante la licenciatura, por las reuniones tan placenteras con el fin objetivo de convivir, y pasarla bien, gracias a cada persona y especialmente a Dios por todo lo vivido durante la licenciatura, gracias por todo lo bueno y lo malo, por cada enseñanza y por la dicha de haberte conocido.

RESUMEN

El Parque Nacional Cañón del Sumidero es un área natural protegida, por el cual el río Grijalva sale de la provincia fisiográfica de la Depresión Central y entra al Altiplano Central del estado. Este profundo y estrecho cañón se caracteriza por las paredes verticales. En este estudio se realizó una evaluación de la estructura, la función y el valor de la vegetación del bosque urbano del cañón del sumidero "Loma larga". Se aplicó un inventario correspondiente a los datos de 3 parcelas de campo. Posteriormente, se analizaron usando el modelo i-Tree Eco desarrollado por el Servicio Forestal de EEUU, Estación de Investigación del Norte. Con 6,477 árboles inventariados, con una cobertura arbórea de un 25.3%. Por lo consiguiente, la densidad general en cañón del sumidero loma larga es de 430 árbol.ha⁻¹. Se estima que el 3% de los árboles son especies nativas de North America. La mayoría de las especies de árboles exóticos tienen un origen de North & South America con un 63%. Según estimaciones sobre la vegetación del Parque, la selva mediana subcaducifolia es la vegetación predominante, con una superficie de 10,712.97 ha⁻¹; le siguen el pastizal inducido, con 6,576.87 ha⁻¹; la selva baja caducifolia, con 5,594.65 ha⁻¹; la vegetación secundaria, con 194.5 ha⁻¹; el bosque de encino, con 57.50 ha⁻¹, y el bosque de pino con 20.117 ha⁻¹. Como resultado se identificaron 13 especies clasificadas como introducidas en el área. El secuestro bruto de carbono es de 39.84 ton.año⁻¹, almacenan 266 toneladas de carbono por año; de las especies muestreadas, *Ceiba pentandra* almacena (37.1%) y secuestra (24.8%) la mayor cantidad de carbono. Produciendo 99.38 toneladas de oxígeno al año y con una reducción del escurrimiento superficial de 28.7 mil pies cúbicos al año.

Palabras clave: Cobertura arbórea, especies, vegetación, secuestro de carbono.

ABSTRACT

The Sumidero Canyon National Park is a protected natural area, through which the Grijalva River leaves the physiographic province of the Central Depression and enters the Central Altiplano of the state. This deep and narrow canyon is characterized by vertical walls. In this study, an evaluation of the structure, function and value of the vegetation of the urban forest of the "Loma Larga" sinkhole canyon was carried out. An inventory corresponding to data from 3 field plots was applied. Subsequently, they were analyzed using the i-Tree Eco model developed by the US Forest Service, Northern Research Station. With 6,477 trees inventoried, with a tree cover of 25.3%. Therefore, the general density in the Loma Larga sinkhole canyon is 430 trees.ha⁻¹. It is estimated that 3% of the trees are species native to North America. Most of the exotic tree species originate from North & South America with 63%. According to estimates on the vegetation of the Park, the medium semi-deciduous forest is the predominant vegetation, with an area of 10,712.97 ha⁻¹; it is followed by the induced grassland, with 6,576.87 ha⁻¹; the low deciduous forest, with 5,594.65 ha⁻¹; secondary vegetation, with 194.5 ha⁻¹; the oak forest, with 57.50 ha⁻¹, and the pine forest with 20,117 ha⁻¹. As a result, 13 species classified as introduced in the area were identified. The gross sequestration of carbon is 39.84 ton.year⁻¹, they store 266 tons of carbon per year; Of the sampled species, *Ceiba pentandra* stores (37.1%) and sequesters (24.8%) the largest amount of carbon. Producing 99.38 tons of oxygen per year and with a reduction in surface runoff of 28.7 thousand cubic feet per year.

Keywords: Tree cover, species, vegetation, carbon sequestration.

CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
CONTENIDO	Pág..... VII
INDICE DE FIGURAS	Pág. IX
ÍNDICE DE TABLAS	Pág. X
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.- Planteamiento del problema.....	1
1.3.- Justificación.....	2
1.4.- Pregunta de investigación	3
CAPÍTULO II.- OBJETIVOS	4
2.1.- General	4
2.2.- Específicos	4
2.3.- Hipótesis.....	4
CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO	5
3.1.- Bosques Urbanos.....	5
3.2.- Bosques urbanos para mejorar la calidad de vida.....	5
3.3.- Cobertura y área foliar.....	7
3.4.- Cambio climático	7
Secuestro de carbono	8
Tipo de mantenimiento de los árboles y almacenamiento de carbono.....	8
oxígeno:	9
3.5.-Valores estructurales y funcionales.....	9
Análisis estructural	10
Índice de diversidad de especie con valores ecológicos	10
3.6.-Posibles impactos de plagas.....	11
3.7.- Combate de plagas y enfermedades forestales.....	12

3.8.-Esguerrimiento evitado	13
Beneficios de los árboles	14
CAPITULO IV.- MATERIALES Y METODOS.....	15
4.1.- Área de estudio	15
Clima:	17
Vegetación:	17
4.2.- Modelo y mediciones de campo de i-tree eco	17
4.3.-Herramientas Para La Medicion De Los Arboles.....	19
4.4.- Características de los árboles.....	20
4.5.-Eliminación de la contaminación del aire	22
4.6.-Carbono almacenado	25
4.7.-Esguerrimiento superficial evitado	26
Valores estructurales:.....	26
4.8.-Amenazas ambientales forestales.....	26
4.9.-Valor relativo de los beneficios de los arboles	27
4.10.-Los bosques y su materia orgánica	28
CAPITULO V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1.-Características.....	30
5.2.-Cobertura del bosque urbano y área foliar	33
5.3.-Eliminación de la contaminación del aire por árboles urbanos.....	35
5.4.-Almacenamiento y secuestro de carbono	36
5.5.-Producción de oxígeno.....	39
5.6.-Valores estructurales y funcionales.....	41
5.7.-Efectos de los árboles relacionados.....	42
5.8.-Comparación de bosques urbanos.....	43
5.9.-Recomendaciones generales para el mejoramiento de la calidad del aire.....	44
5.10.-Determinación del impacto de plagas.....	46
5.11.-Especies invasoras del bosque urbano.....	47
5.12.- Especies Exóticas / Exóticas Invasoras / Nativas con comportamiento invasor / Exóticas Invasoras con Distribución potencial	48
5.13.-Índice de diversidad de especie con valores ecológicos.....	48

Índices ecológicos.....	48
CAPITULO VI.- CONCLUSIÓN.....	49

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.-Ubicación del área de estudio Fuentes: https://satellites.pro/mapa_de_Tuxtla_Gutierrez	15
Figura 2.-Ubicación del área de estudio, levantamiento de inventario forestal.....	16
Figura 3.- Medicion forestal	19
Figura 4.- Ejemplos de las Mediciones	19
Figura 5.- Composición de especies de árboles del cañon del sumidero, loma larga.....	30
Figura 6.-Numero de árboles.ha ⁻¹ en el cañon del sumidero, loma larga por estrato.	31
Figura 7.- Porcentaje de la población de arboles por clases diámetro DAP (diámetro del tronco 4.5 pies)	31
Figura 8.-porcentaje de la población de árboles vivos por área de origen, cañon del sumidero loma larga.....	32
Figura 9.- Área de las hojas por estrato, cañon del sumidero loma larga.	33
Figura 10.- Porcentaje del terreno por clases de cobertura de suelo, cañon del sumidero loma larga.	34
Figura 11.- Eliminación anual de la contaminación por arboles urbanos, cañon del sumidero loma larga.....	36
Figura 12.- Secuestro bruto anual de carbono cálculos para especies de árboles urbanos con mayor secuestro cañon del sumidero loma larga.	37
Figura 13.-Almacenamiento de carbón calculado por especie de árboles urbanos con mayor almacenamiento, cañon del sumidero, loma larga.	38
Figura 14.- Ecurrimiento evitado para las especies con mayor impacto general en el escurrimiento en el cañon del sumidero, loma larga.	40
Figura 15.- Especies de árboles con mayor valor estructural, cañon del sumidero loma larga. .	42
Figura 16.- Numero de arboles en riesgos posibles plagas cañon del sumidero, loma larga.	46

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1.- Especies más importantes en cañón del sumidero loma larga.....	34
Tabla 2.- Las principales 20 especies productoras de oxígeno.....	39
Tabla 3.- Totales por acre de área de terreno.	44
Tabla 4.-Las estrategias de manejo del bosque urbano para ayudar a mejorar la calidad del aire incluyen (Nowak, 2000):.....	45

|

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

Los bosques urbanos están compuestos de una mezcla de especies de árboles nativos y exóticos. Por ello, los bosques urbanos a menudo tienen una diversidad de árboles que es más alta a la de los paisajes nativos que los rodean. El aumento en la diversidad de árboles puede minimizar el impacto general o la destrucción por un insecto o enfermedad específica de una especie, pero también puede presentar un riesgo para las plantas nativas si algunas de las especies exóticas son plantas invasivas con el potencial de ser más competitivas y desplazar a las especies nativas. En cañón del sumidero loma larga, casi el 3% de los árboles son especies nativas de North América. La mayoría de las especies de árboles exóticos tienen un origen de North & South América (63 por ciento de las especies).

Las especies de plantas invasoras a menudo se caracterizan por su vigor, habilidad de adaptarse, capacidad de reproducción y falta general de enemigos naturales. Dichas habilidades les permiten desplazar a las plantas nativas y convertirlas en una amenaza para las áreas naturales. Se recomienda aprovechar mejor la integración que tienen los bosques urbanos y los espacios verdes públicos con calles, carreteras, ciclovías, edificaciones, viviendas, plantas de tratamiento de aguas residuales, transporte público, redes eléctricas, alumbrado urbano para incorporarlos en los proyectos que involucran a estas soluciones de infraestructuras para mejorar su calidad ambiental. En este sentido, se plantean a las ciudades de la región soluciones basadas en bosques y espacios verdes públicos, inicialmente municipios de Brasil han adoptado exitosamente la propuesta, con la perspectiva que esta experiencia sea ampliada y escalada a otras ciudades de la región (Carrasquilla, 2018).

1.2.- Planteamiento del problema

Ante los efectos adversos del cambio climático, los bosques urbanos y todas las áreas verdes que forman parte del paisaje ciudadano constituirán una medida estratégica que sin lugar a dudas podrá hacernos menos vulnerables como organismos, población o comunidad ante los escenarios de golpes de calor y disminución de

agua a los que nos enfrentamos. Las actividades urbanas actuales presentan efectos negativos que influyen directamente en la calidad del aire, la contaminación atmosférica es uno de ellos.

Estos problemas que se dan principalmente en las grandes ciudades de México. Uno de los atributos de los bosques urbanos es su capacidad de tamizar y filtrar los componentes nocivos del aire, como las partículas suspendidas y el dióxido de carbono (que es un gas de efecto invernadero), los cuales son dos contaminantes producto de la actividad industrial y la motorización.

La captura de dióxido de carbono y la liberación de oxígeno es un servicio ambiental de importancia global que prestan los ecosistemas, incluidos los bosques urbanos. Aunado a lo anterior, limpian de partículas suspendidas nocivas el aire. Algunos estudios marcan que un árbol tiene la capacidad de remover hasta 1.4 kg de contaminantes por hora.

Los bosques urbanos están compuestos de una mezcla de especies de árboles nativos y exóticos. Por ello, los bosques urbanos a menudo tienen una diversidad de árboles que es más alta a la de los paisajes nativos que los rodean. El aumento en la diversidad de árboles puede minimizar el impacto general o la destrucción por un insecto o enfermedad específica de una especie, pero también puede presentar un riesgo para las plantas nativas si algunas de las especies exóticas son plantas invasivas con el potencial de ser más competitivas y desplazar a las especies nativas.

1.3.- Justificación

Al incorporar la temática de bosques urbanos y espacios verdes se apoya a las ciudades en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De esta manera estamos dando valor al capital natural al mejorar la sostenibilidad y resiliencia de las ciudades al cambio climático.

De acuerdo a Carrasquilla (2018), la incorporación de los bosques urbanos y de los espacios verdes, en el marco del programa de Ciudades con Futuro de CAF, es una oportunidad que facilita la integración de las ciudades con la temática ambiental,

Promueve bases sólidas de inclusión social, viabiliza sistemas productivos de seguridad alimentaria de autoconsumo a través de huertos familiares y en función de los estándares ambientales y sociales de las inversiones es elegible para financiamiento verde.

1.4.- Pregunta de investigación

¿Cuál es la composición de especies del cañón del sumidero loma larga?

¿Cuáles son las especies de árboles con mayor valor estructural, in situ?

¿Estimar el secuestro bruto anual de carbono para especies de árboles urbanos?

¿Cuál es el porcentaje del terreno por tipo de vegetación en el sitio?

CAPÍTULO II.- OBJETIVOS

2.1.- General

Evaluación de la estructura, la función y el valor de la vegetación del bosque urbano del cañón del sumidero paraje “Loma larga”.

2.2.- Específicos

Lograr la cuantificación de los servicios ambientales que brindan los árboles y la evaluación de la estructura del bosque urbano.

Manejo del arbolado en la participación de los servicios ambientales (COV).

2.3.- Hipótesis

En relación a la estructura, cobertura, función de los árboles y descripción de los tipos de vegetación del bosque urbano del cañón del sumidero paraje “Loma larga”, promueven a la toma de decisiones en cuanto a su manejo del arbolado, y la cuantificación de los servicios ambientales (COV). En respuesta a mejorarán la salud humana y la calidad del medio ambiente que nos brinda.

CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO

3.1.- Bosques Urbanos

Los bosques urbanos son las áreas de valor ambiental que se localizan en suelo urbano, en las que predominan especies de flora arbórea y arbustiva y se distribuyen otras especies de vida silvestre asociadas y representativas de la biodiversidad, así como especies introducidas para mejorar su valor ambiental, estético, científico, educativo, recreativo, histórico o turístico, o bien, por otras razones análogas de interés general, cuya extensión y características contribuyen a mantener la calidad del ambiente en la Ciudad de México (Ambiente, 2014).

3.2.- Bosques urbanos para mejorar la calidad de vida

Los bosques urbanos y los espacios verdes brindan a las ciudades servicios ambientales, como son la absorción de rayos ultravioleta y resplandor, la reducción de la fuerza de los vientos, de altas temperaturas, de ondas de calor y de contaminación acústica. Habilitar bosques urbanos y espacios verdes públicos en el entorno urbano, bajo cualquiera de sus formas, arbolado urbano, parques lineales, espacios verdes públicos, cinturones verdes, corredores biológicos, áreas protegidas y bosques urbanos, representa una inversión práctica, económica y efectiva para impactar de manera positiva en la calidad de vida de la población urbana (Banco Mundial, 2018; Carrasquilla, 2018).

Los bosques urbanos y los espacios verdes brindan a las ciudades servicios ambientales, como son la absorción de rayos ultravioleta y resplandor, la reducción de la fuerza de los vientos, de altas temperaturas, de ondas de calor y de contaminación acústica. Esta biomasa también ayuda a la absorción y reducción de partículas contaminantes, o el suministro de hábitat a la avifauna y dependiendo de su emplazamiento pueden constituirse en importantes reguladores hídricos. También tienen el potencial clave de promover dinámicas de inclusión y de facilitar servicios

sociales como la protección física de los peatones, la reducción de la criminalidad (*Lincoln Institute of Land Policy*, 2018), la mejora de la salud pública (*National Center for Biotechnology* social, y aportan valor económico a través de la prolongación de la vida útil del pavimento (*Center of Forest Urban Research*, 2015), de la valoración de las propiedades y del patrimonio público o el aumento de los ingresos por tasas impositivas de carácter predial (Carrasquilla, 2018).

Dada la importancia de los bosques urbanos en la vida misma de los ciudadanos y de la sostenibilidad ambiental y económica de las comunidades urbanas, CAF comparte el conocimiento a través de metodologías y herramientas para que las ciudades latinoamericanas dispongan de opciones prácticas para incluir a los bosques urbanos y a los espacios verdes como soluciones urbanas basadas en la naturaleza. (Carrasquilla, 2018).

De acuerdo con los “Estudios de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de las ciudades de Arequipa, Guayaquil y São Paulo”, al menos el 80% de las medidas que deben ser asumidas por estas tres ciudades apuntan a la puesta en valor, recuperación y aumento de sus bosques urbanos y espacios verdes para mejorar su resiliencia a los efectos del cambio climático.

Se recomienda aprovechar mejor la integración que tienen los bosques urbanos y los espacios verdes públicos con calles, carreteras, ciclovías, edificaciones, viviendas, plantas de tratamiento de aguas residuales, transporte público, redes eléctricas, alumbrado urbano para incorporarlos en los proyectos que involucran a estas soluciones de infraestructuras para mejorar su calidad ambiental. En este sentido, se plantean a las ciudades de la región soluciones basadas en bosques y espacios verdes públicos, inicialmente municipios de Brasil han adoptado exitosamente la propuesta, con la perspectiva que esta experiencia sea ampliada y escalada a otras ciudades de la región (Carrasquilla, 2018).

Al incorporar la temática de bosques urbanos y espacios verdes se apoya a las ciudades en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los

compromisos de la COP 21 de París, las metas de AICHI y la Nueva Agenda Urbana Hábitat III. De esta manera estamos dando valor al capital natural al mejorar la sostenibilidad y resiliencia de las ciudades al cambio climático.

De acuerdo a Carrasquilla (2018), la incorporación de los bosques urbanos y de los espacios verdes, en el marco del programa de Ciudades con Futuro de CAF, es una oportunidad que facilita la integración de las ciudades con la temática ambiental, promueve bases sólidas de inclusión social, viabiliza sistemas productivos de seguridad alimentaria de autoconsumo a través de huertos familiares y en función de los estándares ambientales y sociales de las inversiones es elegible para financiamiento verde. La población urbana de la región, que aumentará 1.23% con respecto al 2019 alcanzando 539 millones según *Worldometer* requiere soluciones integrales; por ello la incorporación de los bosques urbanos como solución dentro de la planificación y desarrollo urbanos es una variable clave a tomar en cuenta.

3.3.- Cobertura y área foliar

La cobertura y la distribución de los árboles son parámetros importantes de la estructura forestal urbana y periurbana debido a que proporcionan una forma simple de representar la magnitud y la distribución del recurso forestal. Sin embargo, para evaluar los costos y los beneficios y orientar el manejo de los bosques, a menudo se necesitan datos más precisos sobre la estructura forestal (por ejemplo, composición de especies, cantidad, tamaño y estado de los árboles, área foliar, biomasa foliar y biomasa arbórea). Aunque actualmente se están investigando y desarrollando diversos enfoques de tipo aéreo para obtener información específica de los árboles, el mejor enfoque actual para calcular muchas variables arbóreas es la medición de campo (S. Borelli, 2018).

3.4.- Cambio climático

El cambio climático es un problema de preocupación global. Los árboles urbanos pueden ayudar a mitigar el calentamiento global al secuestrar el carbono atmosférico (del dióxido de carbono) en sus tejidos y al alterar el uso de la energía en los edificios

cercanos, y por consiguiente, alterar las emisiones de dióxido de carbono de las fuentes eléctricas de combustibles fósiles (Abdollahi *et al.*, 2000).

Secuestro de carbono

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera al secuestrar el carbono durante su crecimiento anual. La cantidad de carbono secuestrada anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles.

Tipo de mantenimiento de los árboles y almacenamiento de carbono

El almacenamiento de carbono es otra manera en la que los árboles pueden influenciar el cambio climático global, Conforme un árbol crece, almacena más carbono sujetándolo en su tejido. Cuando el árbol se muere y descompone, nuevamente libera la mayoría del carbono almacenado a la atmósfera. Por lo tanto, el almacenamiento de carbono es una indicación de la cantidad de carbono que se puede liberar si se permite que los árboles mueran y se descompongan. Mantener árboles saludables mantendrá el carbono almacenado en los árboles, pero el tipo de mantenimiento de los árboles puede contribuir a las emisiones de carbono (Nowak *et al.*, 2002). Cuando un árbol muere, usar la madera en productos madereros a largo plazo, para calentar edificios o para producir energía ayudará a reducir las emisiones de carbono de la descomposición de la madera o de centrales eléctricas de combustibles fósiles o madereros (Jaen, 2013).

El almacenamiento de carbono es la cantidad de carbono capturada en las partes de la vegetación leñosa sobre el suelo y bajo el mismo

El cambio climático es un problema de preocupación global. Los árboles urbanos pueden ayudar a mitigar el cambio climático al secuestrar el carbono atmosférico (del dióxido de carbono) en los tejidos y al alterar el uso de la energía en los edificios, y por consiguiente alterar las emisiones de dióxido de carbono de las fuentes eléctricas de combustibles fósiles (Abdollahi, 2000).

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera al secuestrar el carbono en el crecimiento nuevo cada año. La cantidad de carbono secuestrada anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles.

oxígeno:

Estas plantas producen oxígeno como un subproducto de la fotosíntesis, un proceso que convierte el dióxido de carbono y luz solar en azúcares que el organismo utiliza para obtener energía. Un árbol está directamente relacionada con la cantidad de carbono secuestrado por el árbol, la cual está vinculada con la acumulación de biomasa del árbol.

Nuestra atmósfera tiene una enorme reserva de oxígeno. Si se consumieran todas las reservas de combustibles fósiles, todos los árboles y toda la materia orgánica en el suelo, el oxígeno de la atmósfera sólo se reduciría en un mínimo porcentaje (Broecker, 1970; Nowak, 2007).

3.5.-Valores estructurales y funcionales

Los bosques urbanos tienen un valor estructural basado en los mismos árboles (p. ej., el coste de tener que reemplazar un árbol con otro similar); también tienen valores funcionales (ya sean positivos o negativos) basados en las funciones que desempeñan (Jaen, 2013).

El valor estructural del bosque urbano tiende a subir cuando aumenta el número y tamaño de los árboles saludables (*Nowak et al., 2002*). Los valores funcionales anuales también tienden a aumentar con un mayor número y tamaño de árboles saludables. A través de un mantenimiento adecuado, los valores del bosque urbano pueden aumentarse; sin embargo, los valores y los beneficios también pueden disminuir conforme la cantidad de cobertura de árboles saludables se reduce (Jaen, 2013).

Análisis estructural

El análisis estructural de una comunidad vegetal, se hace con el propósito de valorar sociológicamente una muestra y establecer su categoría en la asociación. Puede realizarse según las necesidades puramente prácticas de la silvicultura o siguiendo las directrices teóricas de la sociología vegetal la estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el índice de valor de importancia (Jaen, 2013).

Índice de diversidad de especie con valores ecológicos

Los bosques y selvas del mundo son importantes para la sociedad en general por proveer insumos directos y materias primas industriales, por sus funciones ecológicas que disminuyen la erosión, eliminan el bióxido de carbono del aire, reducen el calentamiento del planeta, regulan el régimen de lluvias, favorecen la recarga de los acuíferos y preservan la biodiversidad de la flora y la fauna (Contreras, 2016).

México forma parte de los 10 países mega diversos y con mayor superficie de bosques primarios en el mundo, la nación se ubica en el cuarto sitio en riqueza de especies. Posee una superficie arbolado mayor a 64.8 millones de hectáreas, de las cuales 52% corresponden a bosques templados. Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur. En este tipo de bosques predominan los de los géneros Pinus, Abies, Quercus, Juniperus y bosques mesofilos de montaña. La disminución de superficie arbolada en México ha generado problemas ecológicos, económicos y sociales. Esta disminución es causada por aprovechamientos forestales

mal planeados, modificación en el régimen del fuego, avance de la frontera agrícola, pastoreo, contaminación atmosférica, plagas y enfermedades forestales. La disminución de superficie arbolada en México ha generado problemas ecológicos, económicos y sociales. Esta disminución es causada por aprovechamientos forestales

mal planeados, modificación en el régimen del fuego, avance de la frontera agrícola, pastoreo, contaminación atmosférica, plagas y enfermedades forestales (Contreras, 2016).

El monitoreo forestal a través del establecimiento y remediación de parcelas permanentes de investigación silvícola constituyen una fuente de información importante en manejo e investigación forestal para estudiar la ecología y dinámica natural de las masas forestales y conocer los efectos del aprovechamiento de los bosques. La estructura arbórea es un indicador adecuado de la biodiversidad, por lo que los árboles son los elementos más relevantes de la estructura del ecosistema forestal y la estructura arbórea sirve para evaluar el estatus de un ecosistema (Contreras, 2016).

Este último cambia fácilmente al aplicar tratamientos silvícolas, modificándose la estructura del bosque, lo que quiere decir que la estructura actual de un bosque es el resultado de procesos que han ocurrido en el pasado y que han determinado la composición de especies, su distribución espacial y la frecuencia de tamaño de individuos dentro de poblaciones. La estructura del bosque y su dinámica, está ligada con su estabilidad ante factores bióticos y abióticos, por lo que evaluar esta variable es importante para el manejo del sistema y la generación de servicios directos e indirectos (Contreras, 2016).

La evaluación de masas forestales mediante indicadores de diversidad como la abundancia, dominancia y frecuencia de las especies, sirve para describir la relación de las especies de una población., Estos indicadores se pueden determinar en diferentes ecosistemas forestales (Contreras, 2016).

3.6.-Posibles impactos de plagas

Otro factor que complica la evaluación del impacto de las plagas forestales es el largo período de tiempo a tener en cuenta en las producciones; el turno puede ser de 50 a 100 años. La escala de valores de la sociedad actual en relación con los usos y

producciones del monte está variando y tiende a rentabilidades y usos sociales a corto plazo.

No hay que olvidar tampoco otro aspecto perjudicial de algunas plagas forestales que, además de los daños que causan al monte, producen molestias y, a veces, problemas de salud a los trabajadores forestales y personas que transitan o utilizan el monte, como la procesionaria del pino, mariposa nocturna (*polilla*) (*Thaumetopoea pityocampa*), Mariposa lagarta cola parda (*Euproctis chrysorrhoea*) y otros insectos causantes de alergias y urticarias (Robledo, 1985).

Por eso, cuando se ha de desarrollar un sistema de manejo integrado de plagas forestales (MIP), como tendencia actual de la sanidad vegetal, es imprescindible reconocer todos los alores actuales y potenciales de los recursos del monte y tener en cuenta todos los efectos importantes de las plagas y enfermedades basándonos en un futuro pre- visible de los usos y producciones del monte (Robledo, 1985).

3.7.- Combate de plagas y enfermedades forestales

La compleja problemática que presentan las plagas de insectos y enfermedades forestales debe enfocarse mediante la puesta a punto de programas concretos de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Esto exige un conocimiento profundo de la dinámica de poblaciones de los agentes perjudiciales, de sus daños y de las múltiples interacciones de los diversos factores que intervienen en los ecosistemas forestales. Asimismo, hay que tener en cuenta los valores actuales y potenciales de los recursos del monte, los efectos de los agentes perjudiciales y la orientación futura de los usos y producciones del monte, estableciendo límites realistas al sistema si queremos hacer posible una modelización mediante la detección de los factores clave.

Según Robledo (1985) otro problema de gran trascendencia, agudizado en los últimos tiempos, es la dispersión e introducción en nuevas áreas geográficas de organismos perjudiciales a los montes y sus productos. Las medidas de cuarentena internacionales

dirigidas a evitar este fenómeno, aunque no relacionados directamente con el IPM, son un factor importante en la lucha preventiva.

Se analiza brevemente el impacto ecológico de las intervenciones químicas contra las plagas forestales. La F.A.O., preocupada por este problema, ha elaborado un documento sobre los «Criterios ecológicos para el Registro de plaguicidas» que contiene las recomendaciones y principios teóricos para la predicción y evaluación de los efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente, dado que no es concebible en un futuro próximo una sustitución total de la lucha química. No obstante, en la actualidad se cuenta con medios técnicos de luchas eficaces y suficientemente seguras (Robledo, 1985).

Se define un nuevo concepto, la persistencia selectiva, que presentan algunos inhibidores de crecimiento de los insectos, que nos proporciona una nueva técnica de grandes posibilidades de aplicación en el área forestal.

Finalmente, se hace un breve análisis del control integrado de plagas forestales en la práctica, pasando revista a las técnicas que en la actualidad se practican en el mundo (Robledo, 1985).

3.8.-Esguerrimiento evitado

El esguerrimiento superficial puede ser causa de preocupación en muchas áreas urbanas ya que puede contribuir a la contaminación de arroyos, humedales, ríos, lagos y océanos. Durante los eventos de precipitación, cierta cantidad se ve interceptada por la vegetación (árboles y matorrales) mientras que la otra alcanza el suelo. La cantidad de la precipitación que llega al suelo y no se filtra se vuelve esguerrimiento superficial (Hirabayashi, 2012). En las áreas urbanas, la gran extensión de superficies impermeables aumenta la cantidad de esguerrimiento superficial.

Sin embargo, los árboles y matorrales urbanos son benéficos al reducir el esguerrimiento superficial. Los árboles y matorrales interceptan la precipitación,

mientras que sus sistemas de raíces promueven la infiltración y el almacenamiento en el suelo.

Beneficios de los árboles

Los árboles urbanos proporcionan múltiples beneficios para las ciudades y sus habitantes por lo que es indispensable cuidarlos y protegerlos. Aquí listamos siete formas en que los árboles y bosques urbanos contribuyen a hacer que las ciudades sean socio-económica y ambientalmente más sostenibles.

El valor relativo de los beneficios de los árboles reportado se calcula para mostrar a lo que el almacenamiento y secuestro de carbono y la eliminación de la contaminación del aire equivalen en cantidades de emisiones de carbono municipal, emisiones de automóviles de pasajeros y emisiones de viviendas (Heirigs, 2004).

CAPITULO IV.- MATERIALES Y METODOS

4.1.- Área de estudio

La República Mexicana está integrada por 31 Estados y un Distrito Federal y colinda con los Estados Unidos de América, Guatemala, Belice, con el océano pacífico y con el Océano Atlántico en la región sureste se localiza el Estado de Chiapas, que es uno de los principales productores de hidrocarburos del país. El área de estudio se ubica en las coordenadas geográficas $16^{\circ} 45' 41.856''$ N y $93^{\circ} 3' 30.105''$ W cuenta con una superficie de $21,789.41 \text{ ha}^{-1}$ del parque nacional cañon del sumidero, Chiapas La vegetación selvática es media a baja formada por bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, con presencia de alguna especies de encino, ceiba, sabino, orquídea. Hay también zonas de pastizales. Algunas especies son endémicas, como el agave del género *Agave grijalvensis* (INEGI, 2007).

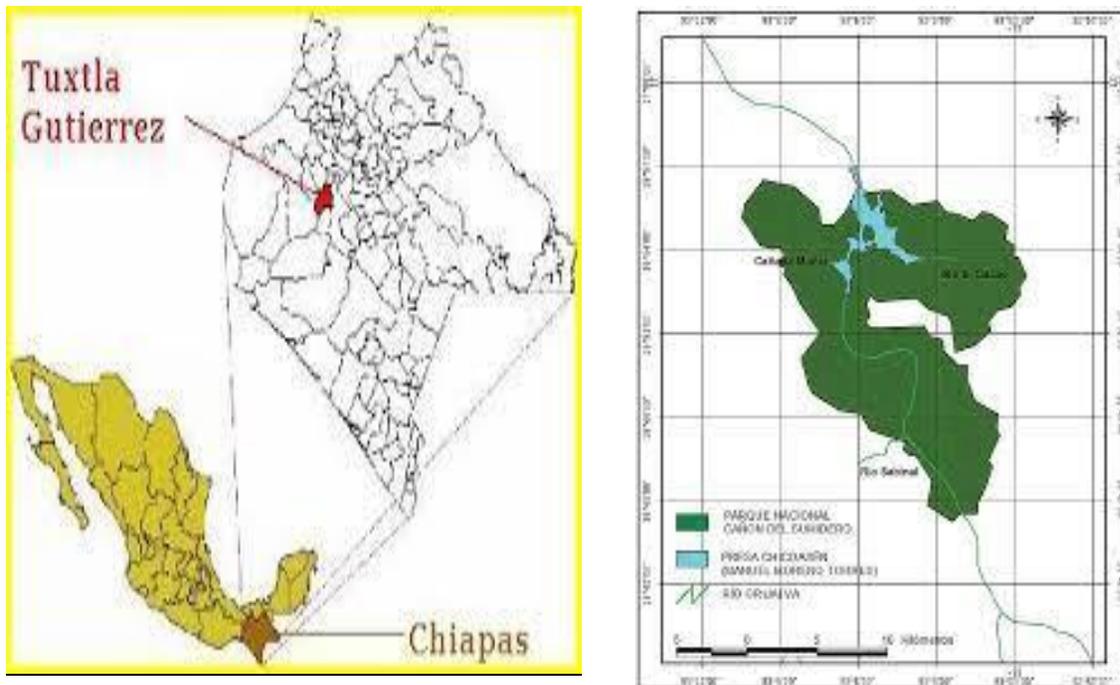


Figura 1.-Ubicación del área de estudio

Fuentes: https://satellites.pro/mapa_de_Tuxtla_Gutierrez

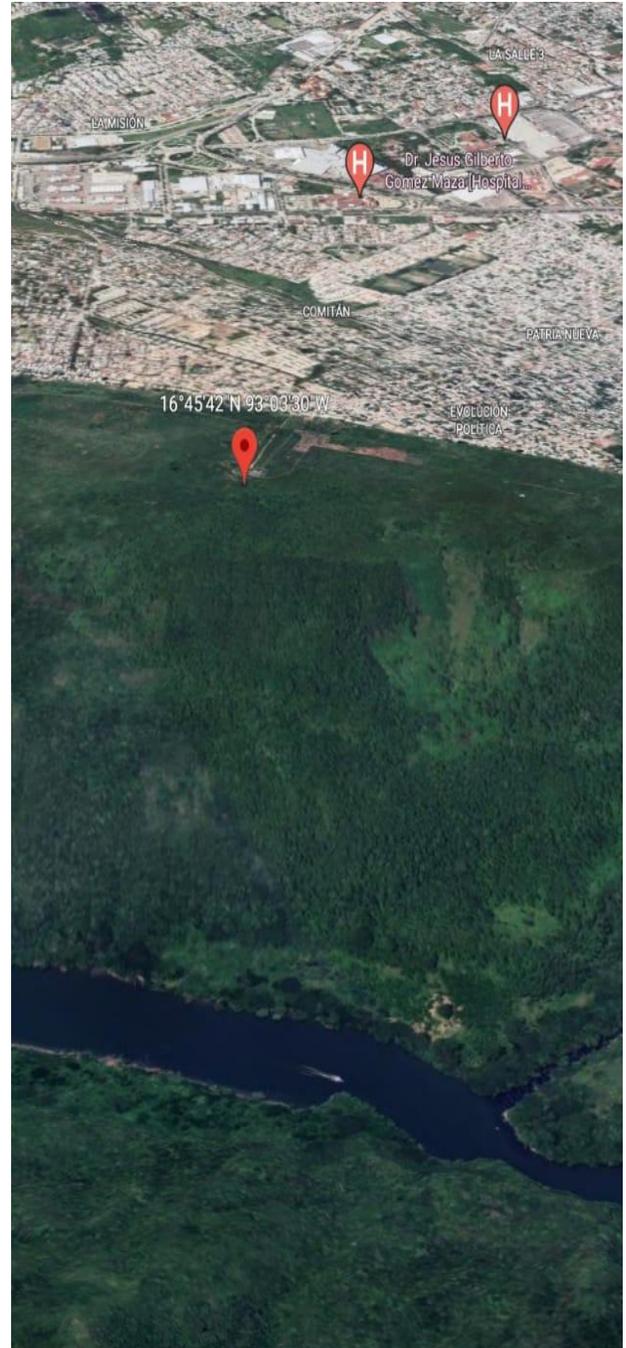
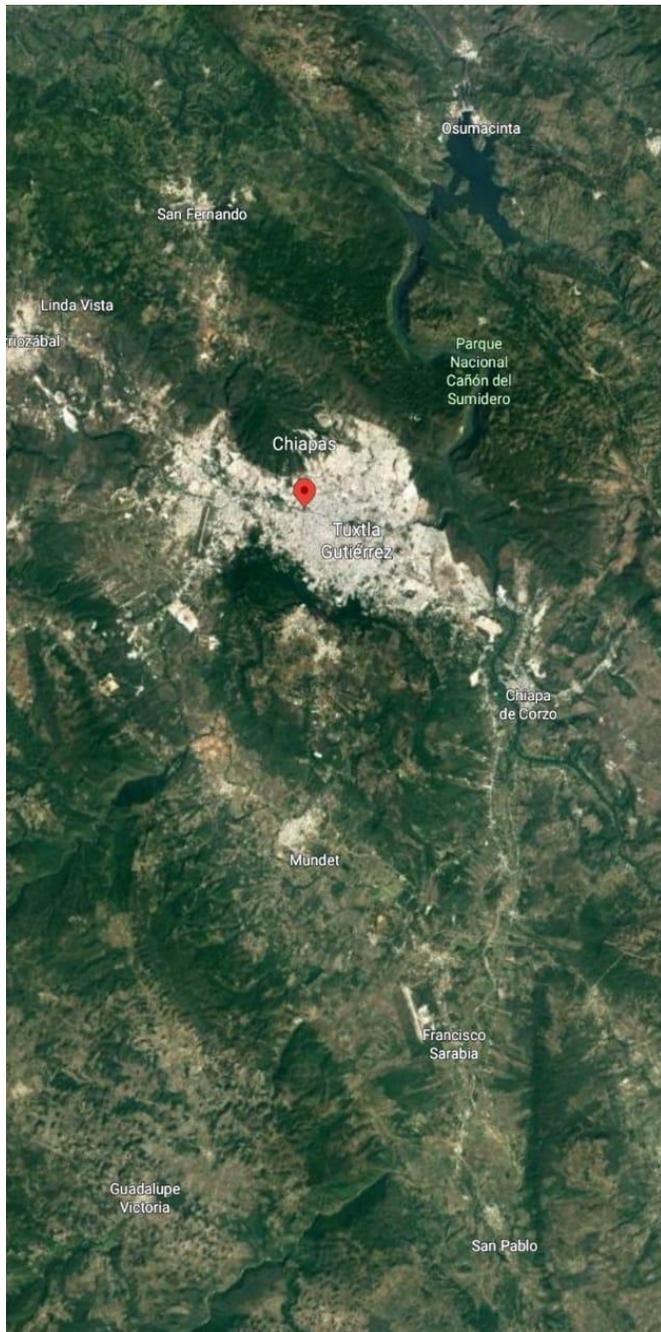


Figura 2.-Ubicación del área de estudio, levantamiento de inventario forestal.

Clima:

Cuenta con un clima Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura 45% del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual (Kattan, 2017).

Vegetación:

La vegetación selvática es media a baja formada por bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, con presencia de alguna especie de encino, ceiba, sabino, orquídea. Hay también zonas de pastizales. Algunas especies son endémicas, como el agave del género *Agave grijalvensis* (INEGI, 2010).

4.2.- Modelo y mediciones de campo de i-tree eco

Para este estudio se usó el modelo i-Tree Eco está diseñado para usar datos de campo estandarizados de parcelas ubicadas al azar y datos locales de la contaminación del aire y meteorológicos por hora para cuantificar la estructura del bosque urbano y sus numerosos efectos (Nowak y Crane 2000), incluyendo:

- Estructura del bosque urbano (p. ej., composición de las especies, salud de los árboles, área de las hojas, etc.).
- Cantidad de contaminación del aire que el bosque urbano elimina por hora y su mejoramiento de la calidad del aire asociado a lo largo del año.
- Carbono total almacenado y carbono neto secuestrado anualmente por el bosque urbano.

- Efectos de los árboles en el uso de la energía de los edificios y efectos consiguientes en las emisiones de dióxido de carbono de las fuentes eléctricas.
- Valor estructural del bosque, así como el valor para la eliminación de la contaminación del aire y almacenamiento y secuestro de carbono.
- Posible impacto de infestaciones de plagas, como el escarabajo asiático de cuerno largo, el barrenador esmeralda del fresno, la lagarta peluda y la enfermedad holandesa del olmo.

Típicamente, todos los datos de campo se recopilan durante la temporada de hojas para evaluar correctamente el dosel de los árboles.

La recopilación típica de datos (la recopilación de datos actual puede variar según el usuario) incluye uso de la tierra, cubierta del suelo y de los árboles, características individuales de los árboles de las especies, diámetro del tallo, altura, ancho de la copa, copa faltante y muerte regresiva, y la distancia y dirección a edificios residenciales (Nowak *et al.*, 2005; Nowak *et al.*, 2008).

Durante la recopilación de datos, los árboles se identifican a la clasificación taxonómica más específica posible. Los árboles que no se clasifican a nivel de la especie pueden clasificarse por género (p. ej., fresno) o grupo de especie (p. ej., madera noble). En este reporte, la especie, género o grupo de especie de los árboles se denomina de manera colectiva como especie del árbol.

4.3.-Herramientas Para La Medicion De Los Arboles



Figura 3.- Medicion forestal

Se utilizo para la medición un vernier, hipsómetro, flexómetro y un GPS.

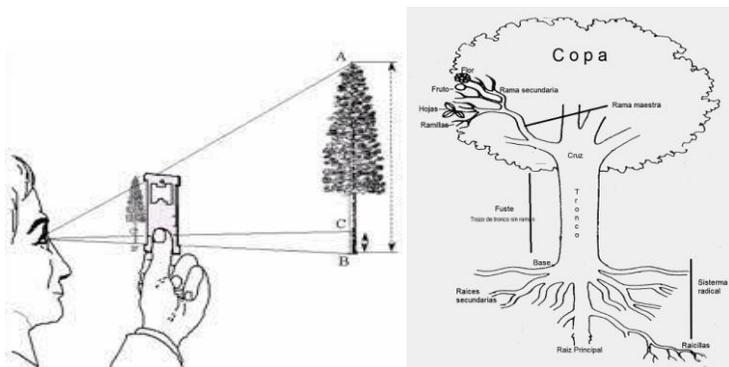


Figura 4.- Ejemplos de las Mediciones

4.4.- Características de los árboles

Se evaluó el área de las hojas de los árboles usando las mediciones de las dimensiones de la copa y el porcentaje de copa faltante. En caso de que dichas variables no se hayan recopilado, el modelo las calcula (Countries, 1994).

No existe disponible un análisis de especies invasivas para estudios fuera de Estados Unidos. Para EEUU, las especies invasivas se identifican usando una lista de especies invasivas para el estado en el que se ubica el bosque urbano. Las listas no son exhaustivas y cubren especies invasivas con varios grados de invasión y distribución. En casos donde un estado no tuvo una lista de especies invasivas, se crea una lista con base en las listas de los estados adyacentes. Las especies de árboles que se identifican como invasivas por la lista estatal de especies invasivas se comparan con los datos de distribución de las nativas. Esto ayuda a eliminar a las especies que están en la lista estatal de especies invasivas, pero que son nativas del área de estudio (Countries, 1994).

Los datos de campo sobre la estructura forestal urbana y periurbana se pueden obtener a partir de inventarios o mediante muestreo. Probablemente, en el caso de grandes poblaciones de árboles, los datos de campo junto con las evaluaciones realizadas a partir de un enfoque aéreo constituirán el mejor medio (y el más rentable en función de los costos) para evaluar la estructura urbana y periurbana. Los parámetros más importantes son: especie, diámetro, dimensiones de la corona y estado del árbol. Los gestores forestales emplean esta información para manejar la población y evaluar los riesgos del recurso, y también es esencial para estimar los costos y beneficios (S. Borelli, 2018), medida del diámetro es esencial para estimar el almacenamiento de carbono. Estas variables fundamentales permiten modelizar la biomasa foliar y arbórea.

Otros atributos importantes para estimar los beneficios forestales urbanos y periurbanos son la competencia entre copas (relevante para estimar el crecimiento de los árboles y la captura de carbono) y la ubicación alrededor de los edificios (relevante

para estimar la conservación de la energía). Estas variables arbóreas y otros datos de carácter local (por ejemplo, sobre clima, contaminación y demografía) permiten modelizar los numerosos beneficios de los bosques urbanos y periurbanos) (S. Borelli, 2018).

Existe una interdependencia entre la estructura forestal urbana y periurbana, sus beneficios y su valoración económica. Dicha valoración depende de que se cuente con buenas estimaciones sobre la magnitud del beneficio generado, y tales estimaciones requieren de una evaluación idónea de la estructura del bosque y de la forma en que esta última repercute sobre los beneficios. Por lo tanto, para valorar los beneficios de los bosques urbanos y periurbanos y contribuir a su gestión se necesitan tres elementos cruciales en el siguiente orden: estructura, beneficios, valores. Los errores en los elementos precursores generarán equivocaciones en las estimaciones posteriores (por ejemplo, los errores en la estructura forestal generarán errores al estimar los beneficios y valores) (S. Borelli, 2018).

La cobertura y la distribución de los árboles son parámetros importantes de la estructura forestal urbana y periurbana debido a que proporcionan una forma simple de representar la magnitud y la distribución del recurso forestal. Sin embargo, para evaluar los costos y los beneficios y orientar el manejo de los bosques, a menudo se necesitan datos más precisos sobre la estructura forestal (por ejemplo, composición de especies, cantidad, tamaño y estado de los árboles, área foliar, biomasa foliar y biomasa arbórea). Aunque actualmente se están investigando y desarrollando diversos enfoques de tipo aéreo para obtener información específica de los árboles, el mejor enfoque actual para calcular muchas variables arbóreas es la medición de campo (S. Borelli, 2018).

El análisis estructural de una comunidad vegetal, se hace con el propósito de valorar sociológicamente una muestra y establecer su categoría en la asociación, esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de

las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el índice de valor de importancia (Jaen, 2013).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2005 y La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad, reconocen los valores plurales de la naturaleza, muchos de los ejercicios de Valoración de Servicios Ecosistémicos realizan estimaciones monetarias de los beneficios; dentro de las cuales, hay una poca participación social (Rendon, 2015).

La investigación, en la etapa de captura de la percepción de los participantes, se basa en la metodología utilizada en varios estudios realizados por la Escuela de Recursos y Estudios Ambientales (School for Resource and Environmental Studies) de la Universidad de Dalhousie, Halifax, Nova Scotia, Canadá, Grounded Theory – Teoría Fundamentada (Rendon, 2015).

La perspectiva de valores ha sido empleada para encontrar tipologías que integren la importancia utilitaria e intrínseca de la naturaleza, describiendo así las relaciones humano-naturaleza, y ayudando a definir prioridades de manejo desde el público. Ordoñez y Duinker (2010), expresan que más allá de cualquier caracterización moral, el concepto de valor del bosque urbano se define como cualquier elemento que consideremos importante (Rendon, 2015).

4.5.-Eliminación de la contaminación del aire

La eliminación de la contaminación se calcula para ozono, dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y material particulado menor a 2.5 micrones. El material particulado menor a 10 micrones (PM10) es otro contaminante importante del aire. Dado que i-Tree Eco analiza material particulado menor a 2.5 micrones (PM2.5) el cual es una subserie de PM10, PM10 no se incluye en este análisis. PM2.5 por lo general es más relevante en las discusiones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud humana (Jerry Bond, 2008).

Los cálculos de la eliminación de la contaminación del aire se derivan de los cálculos de la resistencia del dosel de los árboles al ozono, sulfuro y dióxido de nitrógeno por hora con base en un híbrido de los modelos de deposición de doseles de hojas grandes y de multicapas (Balducchi 1988; Balducchi *et al.*, 1987). Ya que la eliminación de monóxido de carbono y material particulado por la vegetación no está directamente relacionada

En relación a lo anterior, para el caso de la transpiración, los índices de eliminación (velocidades de deposición) para dichos contaminantes se basan en los valores promedio medidos de la literatura (Bidwell y Fraser 1972; Lovett 1994) que se modificaron según la fenología y área de las hojas. La eliminación del particulado incorporó un índice de suspensión del 50 por ciento de partículas de regreso a la atmósfera (Zinke 1967). Las últimas actualizaciones (2011) al modelaje de la calidad del aire se basan en mejores simulaciones del índice del área de las hojas, procesamiento e interpolación del estado del tiempo y la contaminación, y valores monetarios actualizados de los contaminantes (Hirabayashi, 2011).

Los árboles eliminan PM 2.5 cuando el material particulado se deposita en la superficie de las hojas (Nowak *et al.*, 2013). Dicho PM2.5 depositado puede volverse a suspender en la atmósfera o eliminarse durante la lluvia y disolverse o transferirse al suelo. La combinación de eventos puede conducir a una eliminación y valor de la contaminación positiva o negativa dependiendo de varios factores atmosféricos. Por lo general, la eliminación de PM 2.5 es positiva con beneficios positivos. Sin embargo, existen casos donde la eliminación neta es negativa o las partículas vuelven a suspender conducen a mayores concentraciones de contaminación y valores negativos. Durante algunos meses (p. ej., sin lluvia), los árboles vuelven a suspender más partículas de las que eliminan. La resuspensión puede conducir a un aumento general de las concentraciones de PM2.5 si las condiciones de la capa límite son menores durante los períodos de resuspensión neta que durante los períodos de eliminación neta. Debido a que los valores de eliminación de la contaminación se basan en el cambio en la concentración de la contaminación, es posible contar con situaciones donde los árboles eliminan PM2.5 pero aumentan las concentraciones y por ello tienen valores

negativos durante períodos positivos de eliminación general. Dichos eventos no son comunes, pero pueden suceder.

Según Abdollahi (2000) para reportes en Estados Unidos, el valor predeterminado de la eliminación de la contaminación del aire se calcula con base en la incidencia local de los efectos adversos a la salud y en los costos nacionales de externalidades promedio. El número de efectos adversos a la salud y el valor económico asociado se calcula para ozono, dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno y material particulado menor a 2.5 micras usando datos del Programa de Asignaciones y Análisis de Beneficios Ambientales (BenMAP) de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (Nowak *et al.*, 2014). El modelo usa un enfoque en función del daño que se basa en los cambios locales de la concentración de la contaminación y la población. Los costos nacionales de externalidades promedio se usan para calcular el valor de la eliminación del monóxido de carbono (Murray & L., 1994).

Para reportes internacionales, se usaron valores locales de la contaminación definidos por el usuario. Para reportes internacionales que no cuentan con valores locales, los cálculos se basan en los valores europeos de externalidades promedio (van Essen *et al.*, 2011) o en las ecuaciones de regresión BenMAP (Nowak D. , 2014), que incorporan cálculos de población definidos por el usuario. Luego los valores se convierten al tipo de cambio local con tasas definidas por el usuario.

Para este análisis, el valor de la eliminación de la contaminación se calcula con base en los precios de Mex\$32,197 por tonelada métrica (monóxido de carbono), Mex\$241,466 por tonelada métrica (ozono), Mex\$0 por tonelada métrica (dióxido de nitrógeno), Mex\$13,137 por tonelada métrica (dióxido de sulfuro), Mex\$8,382,657 por tonelada métrica (material particulado menor a 2.5 micrones).

4.6.-Carbono almacenado

La eliminación del dióxido de carbono del aire por las plantas. Para calcular la cantidad bruta de carbono secuestrado anualmente, se añadió el crecimiento promedio del diámetro del género correspondiente y la clase de diámetro y condición del árbol al diámetro existente del mismo (año x) para calcular el diámetro del árbol y el almacenamiento de carbono en el año x+1.

Para ajustar la diferencia, los resultados de la biomasa para árboles urbanos maduros se multiplicaron por 0.8. No se hizo ninguna modificación para árboles en condiciones naturales. La biomasa del peso seco de los árboles se convirtió a carbono almacenado multiplicándola por 0.5.

Los valores de almacenamiento y secuestro de carbono se basan en los valores de carbono locales calculados o personalizados. Para los reportes internacionales que no cuentan con valores locales, los cálculos se basan en el valor del carbono para Estados Unidos (Agencia de Protección Ambiental de EEUU 2015, Grupo de Trabajo Interagencial del Costo Social del Carbono 2015) y se convierten al tipo de cambio local con tasas definidas por el usuario (Jiménez-Pérez, 2002).

Para este análisis, los valores de almacenamiento y secuestro de carbono se calculan con base en Mex\$837 por tonelada métrica.

Para calcular el almacenamiento actual de carbono, se calcula la biomasa de cada árbol usando ecuaciones de la literatura y los datos de los árboles medidos. Los árboles maduros con mantenimiento tienden a tener menos biomasa de la predicha por las ecuaciones de biomasa derivadas del bosque (Nowak, 1994).

4.7.-Esguurrimiento superficial evitado

El esguurrimiento superficial evitado anual se calcula con base en las precipitaciones interceptadas por la vegetación, en particular la diferencia entre el esguurrimiento anual con y sin vegetación. Aunque las hojas de los árboles, las ramas y la corteza pueden interceptar la lluvia y mitigar así el esguurrimiento evitado, sólo se toman en cuenta las precipitaciones interceptadas por las hojas (Peper, 2009).

Valores estructurales:

El valor estructural es el valor de un árbol con base en el mismo recurso físico (p. ej., el costo de tener que reemplazar un árbol con otro similar). Los valores estructurales se basan en los procedimientos de valoración del Consejo de Tasadores de Árboles y el Paisaje, que usa la información de especie, diámetro, condición y lugar del (Nowak *et al.*, 2002a; 2002b).

El valor estructural puede no incluirse en proyectos internacionales si no se cuentan con datos locales suficientes para concluir los procedimientos de valoración.

4.8.-Amenazas ambientales forestales

El análisis completo de posible riesgo de plagas se usó los mapas de distribución de plagas de 2012 del Equipo de la Empresa de Tecnología de Salud Forestal (FHTET) (Equipo de la Empresa de Tecnología de Salud Forestal 2014) para determinar la proximidad de cada plaga al condado en donde se ubica el bosque urbano. Para el condado, se estableció si el insecto/enfermedad se encuentra en el condado, a 400 kilómetros de la orilla del condado, o una distancia entre 400 y 1210 kilómetros, o una distancia mayor de 1210 kilómetros. FHTET no cuenta con mapas de distribución para la enfermedad holandesa del olmo o chancro del castaño. La distribución de estas plagas se basa en la presencia conocida y en la distribución del hospedero,

respectivamente (Centro Occidental de Evaluación de Amenazas Ambientales Forestales (Worrall, 2007).

4.9.-Valor relativo de los beneficios de los arboles

El valor relativo de los beneficios de los árboles reportado se calcula para mostrar a lo que el almacenamiento y secuestro de carbono y la eliminación de la contaminación del aire equivalen en cantidades de emisiones de carbono municipal, emisiones de automóviles de pasajeros y emisiones de viviendas (Heirigs, 2004).

Las emisiones de carbono municipal se basan en las emisiones de carbono (Centro de Análisis de la Información de Dióxido de Carbono, 2010). Las emisiones per cápita se multiplicaron por la población de la ciudad para calcular las emisiones totales de carbono de la ciudad.

- Las emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x de las plantas eléctricas por kWh son de Leonardo Academy (2011). La emisión de CO por kWh asume que 1/3 del uno por ciento de emisiones de C es CO con base en la Administración de Información de Energía (1994); La emisión de PM₁₀ por kWh de Layton (2004).
- Las emisiones de CO₂, NO_x, SO₂ y CO por Btu para gas natural, propano y butano (promedio usado para representar LPG), Combustible #4 y #6 (promedio usado para representar gasolina y keroseno) de Leonardo Academy (2011).
- Las emisiones de CO₂ por Btu de madera de la Administración de Información de Energía (2014).
- Las emisiones de CO, NO_x y Sox por Btu con base en el total de emisiones y quema de madera (toneladas) de (Ministerio de la Columbia Británica, 2005; Comisión de Silvicultura de Georgia 2009; Heirigs, 2004).

4.10.-Los bosques y su materia orgánica

Los ecosistemas forestales tienen la capacidad de disminuir el efecto invernadero a través de dos procesos relacionados al ciclo del carbono, la fijación o captura de carbono y la reducción de emisiones debidas a la deforestación y degradación forestal.

Los bosques durante su crecimiento absorben el bióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y lo convierten en carbono que se almacena en su tronco, raíces y hojas. Adicionalmente queda carbono almacenado en el suelo, en la materia orgánica al ras del suelo (hojarasca) y en los árboles muertos.

Este proceso en el que los bosques capturan carbono de la atmósfera contribuye a la mitigación del cambio climático. Un bosque que crece está catalogado como un sumidero de carbono.

De forma inversa con la destrucción de un bosque o su degradación se libera hacia la atmósfera el carbono que alguna vez fue almacenado, contribuyendo a agravar el problema del cambio climático. Se estima a nivel mundial que el cambio de uso de suelo es una de las fuentes más importantes de Gases Efecto Invernadero (GEI).

Además, los árboles producen oxígeno, purifican el aire, forman suelos fértiles, evitan erosión, mantienen ríos limpios, captan agua para los acuíferos, sirven como refugios para la fauna, reducen la temperatura del suelo, propician el establecimiento de otras especies, regeneran los nutrientes del suelo y mejoran el paisaje.

CAPITULO V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entender la estructura, la función y el valor del bosque urbano puede promover las decisiones de manejo que mejorarán la salud humana y la calidad del medio ambiente. Una evaluación de la estructura, la función y el valor de la vegetación del bosque urbano cañon del sumidero Paraje “loma larga” se llevó a cabo durante 2019. Los datos de 3 parcelas de campo localizados a lo largo de cañon del sumidero loma larga se analizaron usando el modelo i-Tree Eco desarrollado por el Servicio Forestal de EEUU, Estación de Investigación del Norte.

- Número de árboles inventariados: 6,477
- Cobertura arbórea: 25.3 %
- Especies más comunes de árboles: *Dicotiledóneas*, (*Roble*, *Encinas*, *Menta*), *Swietenia macrophylla* (*caoba*), *Heliocarpus americanus*, (*balso blanco*).
- Porcentaje de árboles menores a 6" (15.2 cm) de diámetro: 86.5 %
- Eliminación de la contaminación: 275.8 kilogramos/año (Mex\$170 mil/año)
- Almacenamiento de carbono: 241.1 tonelada métrica (Mex\$202 mil)
- Secuestro de carbono: 36.14 tonelada métrica (Mex\$30.3 mil/año)
- Producción de oxígeno: 90.15 tonelada métrica/año
- Escurrimiento evitado: 813.3 metro cúbico/año (Mex\$36.5 mil/año)
- Ahorros de energía de edificios: N/A – datos no recopilados
- Emisiones de carbono evitadas: N/A – datos no recopilados
- Valores estructurales: Mex\$14.3 millón.

5.1.-Características

El bosque urbano de cañón del sumidero loma larga tiene un cálculo de 6,477 árboles con una cobertura de árboles del 25.3 por ciento. Las tres especies más comunes son *Magnoliopsida* (18.9 por ciento), *Caoba* (*Swietenia macrophylla*) (13.5 por ciento) y *balso blanco* (*Heliocarpus americanus*) (10.8 por ciento).

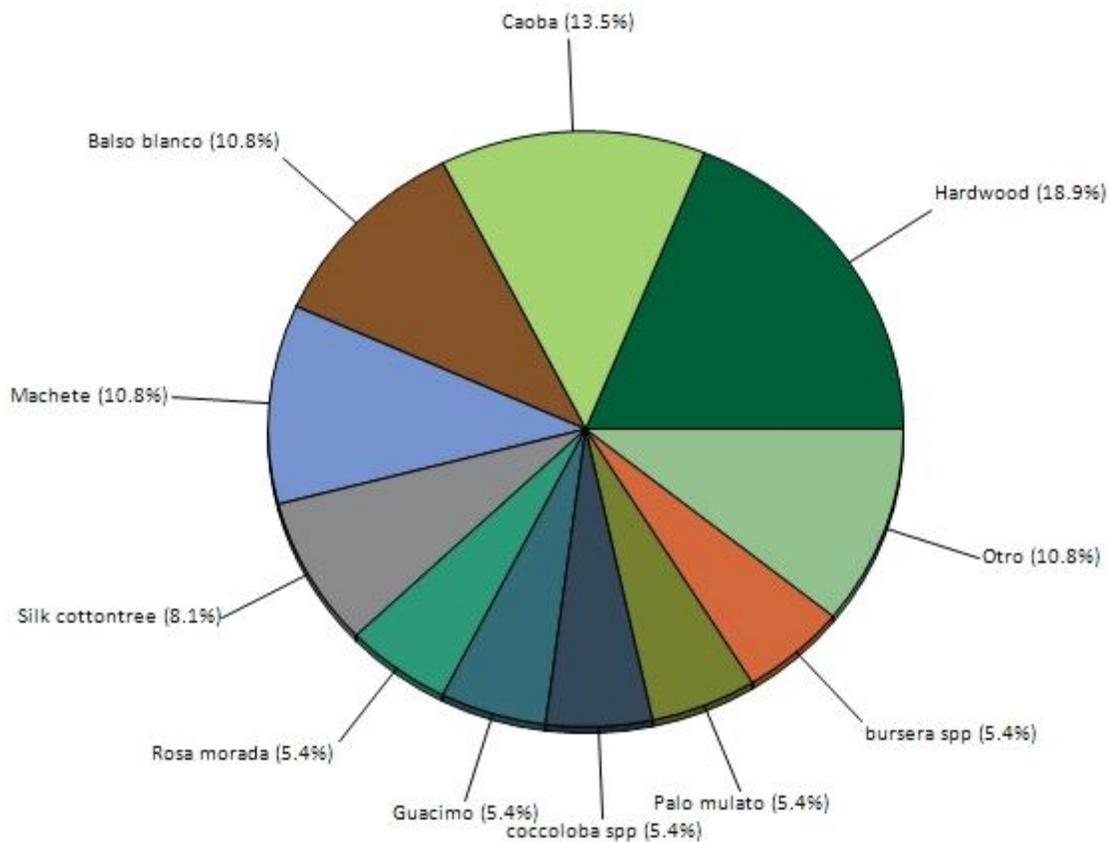


Figura 5.- Composición de especies de árboles del cañón del sumidero, loma larga.

La densidad general en cañon del sumidero paraje "loma larga" es de 174 árboles/ha.

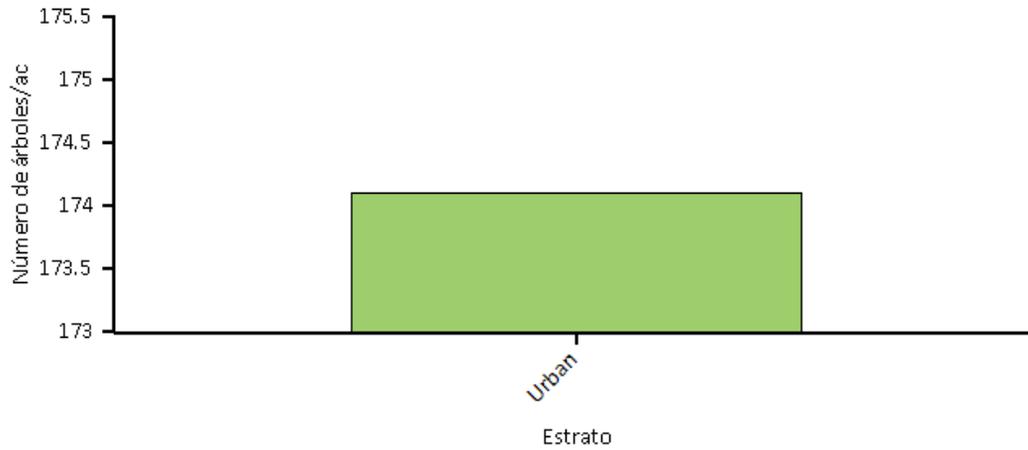


Figura 6.-Numero de árboles.ha⁻¹ en el cañon del sumidero, loma larga por estrato.

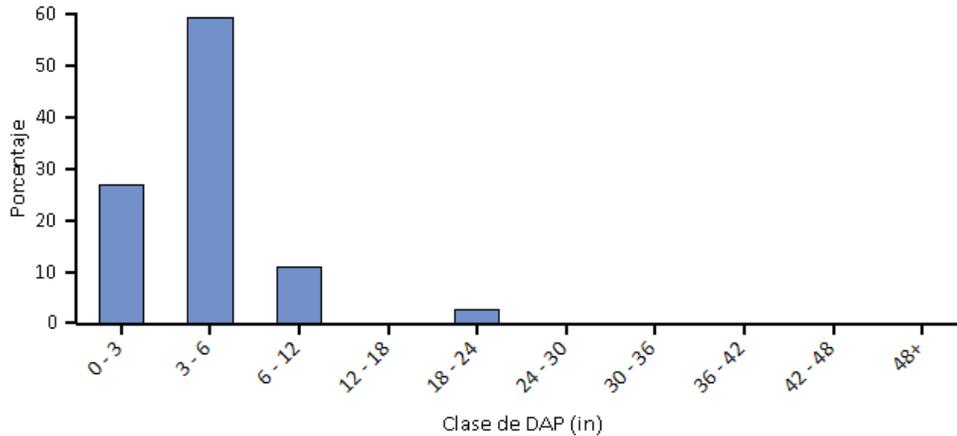


Figura 7.- Porcentaje de la población de arboles por clases diámetro DAP (diámetro del tronco 4.5 pies)

Los bosques urbanos están compuestos de una mezcla de especies de árboles

nativos y exóticos. Por ello, los bosques urbanos a menudo tienen una diversidad de árboles que es más alta a la de los paisajes nativos que los rodean. El aumento en la

diversidad de árboles puede minimizar el impacto general o la destrucción por un insecto o enfermedad específica de una especie, pero también puede presentar un riesgo para las plantas nativas si algunas de las especies exóticas son plantas invasivas con el potencial de ser más competitivas y desplazar a las especies nativas. En cañon del sumidero paraje "loma larga", casi el 3 por ciento de los árboles son especies nativas de North America. La mayoría de las especies de árboles exóticos tienen un origen de North & South America (63 por ciento de las especies).

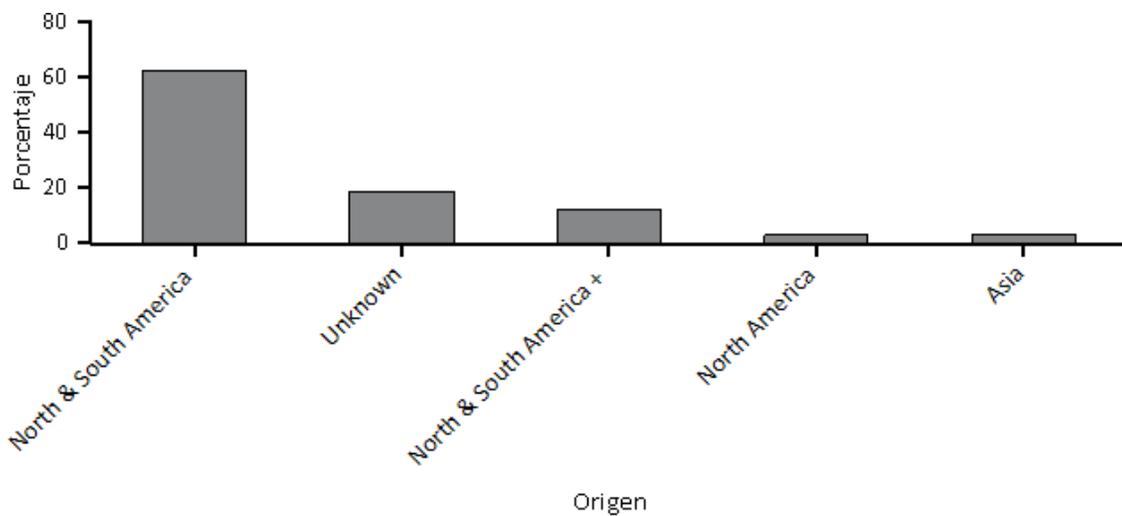


Figura 8.-porcentaje de la población de árboles vivos por área de origen, cañon del sumidero loma larga.

Las especies de plantas invasivas a menudo se caracterizan por su vigor, habilidad de adaptarse, capacidad de reproducción y falta general de enemigos naturales. Dichas habilidades les permiten desplazar a las plantas nativas y convertirlas en una amenaza para las áreas naturales.

5.2.-Cobertura del bosque urbano y área foliar

Muchos beneficios de los árboles corresponden directamente con la cantidad de área superficial saludable de las hojas de las plantas. Los árboles cubren casi 25 porcentaje del cañon del sumidero paraje “loma larga” y proporcionan 30.28 ha del área de las hojas. El área total de las hojas es mayor en Urban.

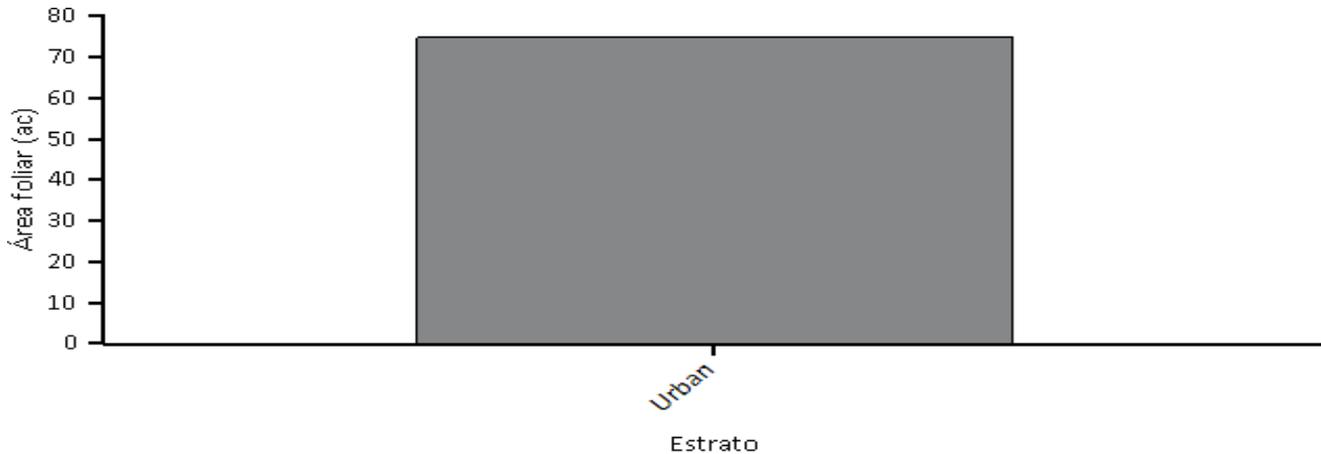


Figura 9.- Área de las hojas por estrato, cañon del sumidero loma larga.

En cañon del sumidero paraje “loma larga”, la especie más dominante en términos de área de las hojas son *Pochote (Ceiba pentandra)*, *Caoba (Swietenia macrophylla)*, y *Roble rojo (Quercus rubra)* es decir Hardwood. La 10 especie con los valores de importancia más altos son enumerados en la Tabla 1. Los valores de importancia se calculan como la suma del porcentaje de la población y porcentaje del área de las hojas. Los valores de importancia altos no quieren decir que los árboles deben procurarse necesariamente a futuro; sino que dichas especies dominan actualmente la estructura del bosque urbano.

Tabla 1.- Especies más importantes en cañón del sumidero loma larga

<i>Nombre de la especie</i>	<i>% población</i>	<i>% del área de las hojas</i>	<i>IV</i>
Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)	13.5	15.8	29.3
Roble rojo (<i>Quercus rubra</i>) es decir <i>Hardwood</i>	18.9	9.6	28.6
Pochote (<i>Ceiba pentandra</i>).	2.7	25.8	28.5
Balso blanco (<i>Eliocarpus americanus</i> L.)	10.8	9.5	20.3
Machete (<i>Inga edulis</i>).	10.8	6.1	16.9
Palo mulato (<i>Bursera</i> spp)	5.4	8.9	14.4
Silk cottontree	8.1	4.0	12.1
Rosa morada (<i>Tabebuia rosea</i>)	5.4	4.5	9.9
Guacimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	5.4	3.9	9.3
Palo mulato (<i>Bursera</i> spp)	5.4	3.7	9.1

Las clases comunes de cobertura del suelo (incluyendo tipos de cobertura debajo de los árboles y matorrales) en cañón del sumidero loma larga no están disponibles debido a que están configuradas para no recopilarse.

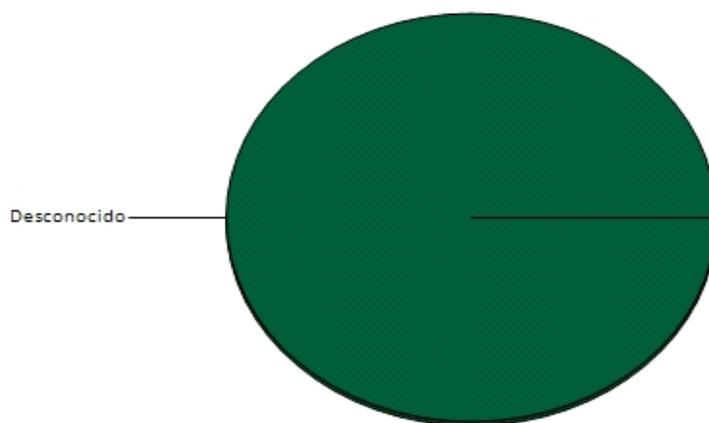


Figura 10.- Porcentaje del terreno por clases de cobertura de suelo, cañón del sumidero loma larga.

5.3.-Eliminación de la contaminación del aire por árboles urbanos

La mala calidad del aire es un problema común en muchas áreas urbanas. Puede conducir a la disminución de la salud humana, dañar los materiales del paisaje y los procesos de los ecosistemas y reducir la visibilidad (Balducchi, 1988) El bosque urbano puede ayudar a mejorar la calidad del aire reduciendo la temperatura del aire, eliminando directamente los contaminantes del aire y reduciendo el consumo de energía de los edificios, que por consiguiente reduce las emisiones de los contaminantes del aire de las fuentes eléctricas. Los árboles también emiten compuestos orgánicos volátiles que pueden contribuir a la formación de ozono. Sin embargo, los estudios integrados han dado a conocer que el aumento en la cobertura de los árboles conduce a una menor formación de ozono (Nowak y Dwyer, 2000).

Eliminación de la contaminación¹ por árboles en cañon del sumidero loma larga se calculó usando datos de campo y la contaminación reciente disponible y estado del tiempo datos disponibles. La eliminación de la contaminación fue mayor para ozono (Figura 7). Se estima que los árboles eliminaron 275.78 kg de contaminación del aire (ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), material particulado menor a 2.5 micrones (PM_{2.5})², y dióxido de sulfuro (SO₂) por año con un valor asociado de Mex\$170 mil

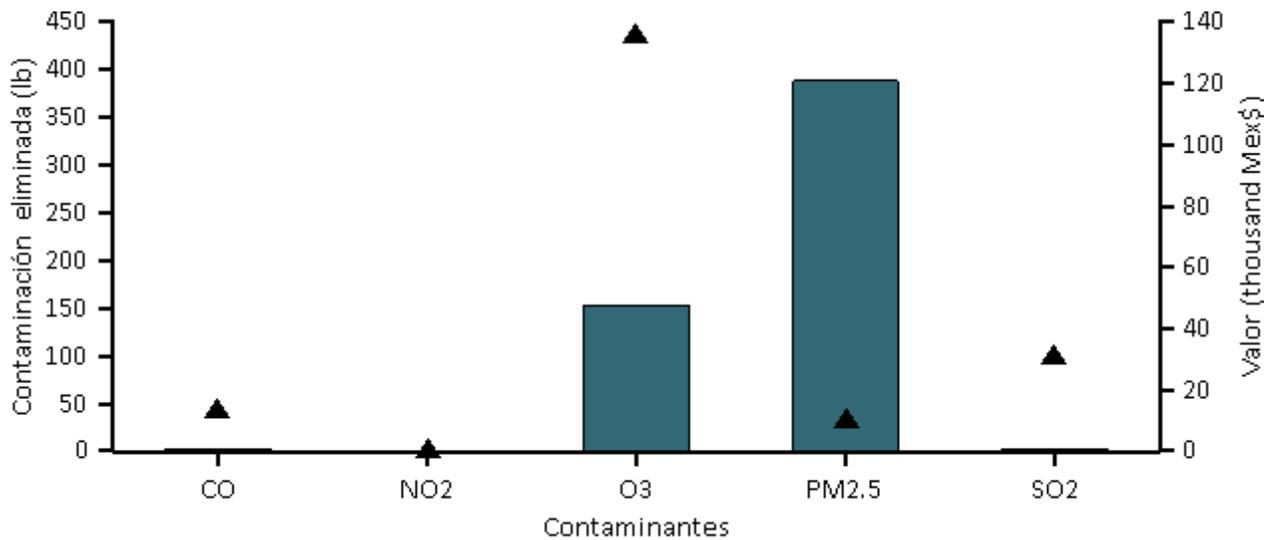


Figura 11.- Eliminación anual de la contaminación por árboles urbanos, cañon del sumidero loma larga.

En 2019, los árboles en cañon del sumidero loma larga emiten aproximadamente 80.1 kg de los compuestos orgánicos volátiles (COV) (44.45 kg de isopreno y 35.58 kg de mono terpenos). Las emisiones varían entre las especies con base en las características de las mismas (p. ej., algunos géneros como los robles son altos emisores de isopreno) y la cantidad de biomasa de las hojas. Cincuenta- nueve por ciento de las emisiones de COV del bosque urbano fueron de Palo mulato (*Bursera simaruba*) y Roble rojo (*Quercus rubra*) es decir Hardwood. Estos COV son sustancias químicas precursoras de la formación de ozono.

5.4.-Almacenamiento y secuestro de carbono

El cambio climático es un problema de preocupación global. Los árboles urbanos pueden ayudar a mitigar el cambio climático al secuestrar el carbono atmosférico (del dióxido de carbono) en los tejidos y al alterar el uso de la energía en los edificios, y por consiguiente alterar las emisiones de dióxido de carbono de la fuentes eléctricas de combustibles fósiles (Abdollahi *et al.*,2000).

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera al secuestrar el carbono en el crecimiento nuevo cada año. La cantidad de carbono secuestrada anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles. El secuestro bruto de

cañon del sumidero loma larga árboles es casi 39.84 toneladas del carbono por año con un valor asociado de Mex\$30.3 mil. El secuestro neto de carbono en el bosque urbano es aproximadamente 37.2 toneladas (Baldocchi, 1988). Algunos estudios marcan que un árbol tiene la capacidad de remover hasta 1.4 kg de contaminantes por hora.

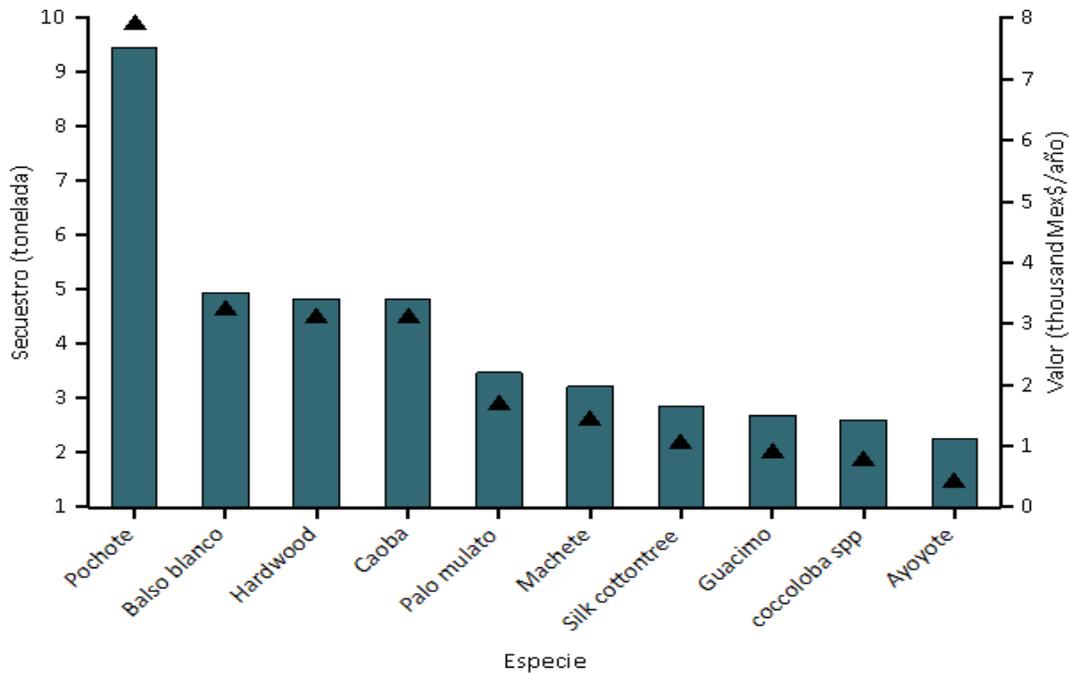


Figura 12.- Secuestro bruto anual de carbono cálculos para especies de árboles urbanos con mayor secuestro cañon del sumidero loma larga.

El almacenamiento de carbono es otra manera en la que los árboles pueden influenciar el cambio climático global. Conforme un árbol crece, almacena más carbono sujetándolo en su tejido. Cuando el árbol se muere y descompone, nuevamente libera la mayoría del carbono almacenado a la atmósfera.

Por lo tanto, el almacenamiento de carbono es una indicación de la cantidad de carbono que se puede liberar si se permite que los árboles mueran y se descompongan. Mantener árboles saludables mantendrá el carbono almacenado en los árboles, pero el mantenimiento de los árboles puede contribuir a las emisiones de carbono (Nowak *et al.*, 2002c). Cuando un árbol muere, usar la madera en productos madereros a largo plazo, para calentar edificios o para producir energía ayudará a reducir las emisiones de carbono de la descomposición de la madera o de central eléctricas de combustibles fósiles o madereros.

Se calcula que los árboles en cañon del sumidero loma larga almacenan 266 toneladas de carbono (Mex\$202 mil). De las especies muestreadas, Pochote (*Ceiba pentandra*) almacena y secuestra la mayor cantidad de carbono (aproximadamente 37.1% del total de carbono almacenado y 24.8% de todo el carbono secuestrado).

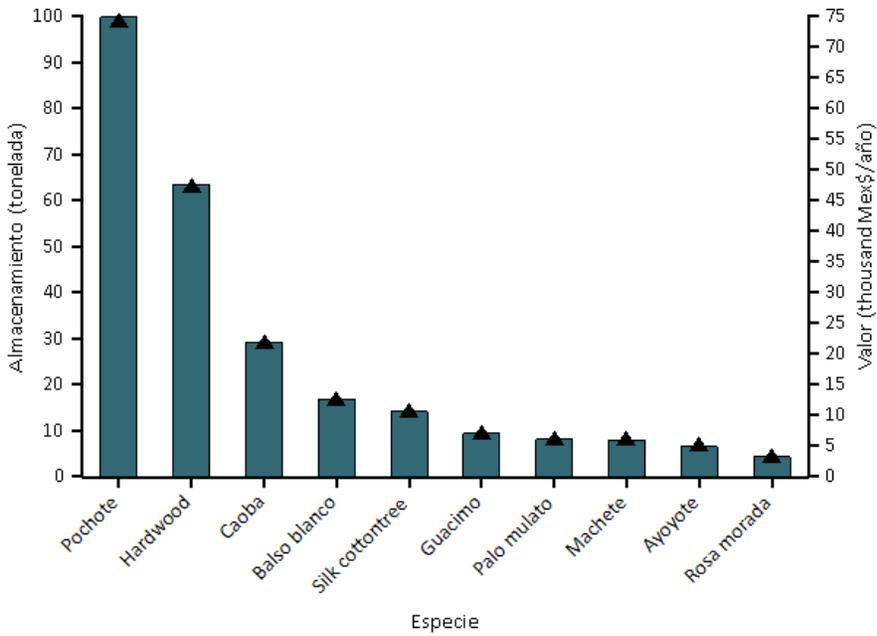


Figura 13.-Almacenamiento de carbón calculado por especie de árboles urbanos con mayor almacenamiento, cañon del sumidero, loma larga.

5.5.-Producción de oxígeno

La producción de oxígeno es uno de los beneficios de los árboles urbanos más comúnmente citados (British, 2005) La oxígeno neto anual producción de un árbol está directamente relacionada con la cantidad de carbono secuestrado por el árbol, la cual está vinculada con la acumulación de biomasa del árbol.

Se calcula que los árboles en cañon del sumidero loma larga producen 99.38 toneladas de oxígeno al año⁴. Sin embargo, este beneficio de los árboles es relativamente insignificante debido a la gran y relativamente estable cantidad de oxígeno en la atmósfera y extensa producción por los sistemas acuáticos. Nuestra atmósfera tiene una enorme reserva de oxígeno. Si se consumieran todas las reservas de combustibles fósiles, todos los árboles y toda la materia orgánica en el suelo, el oxígeno de la atmósfera sólo se reduciría en un mínimo porcentaje (Broecker, 1970).

Tabla 2.- Las principales 20 especies productoras de oxígeno.

<i>Especie</i>	<i>Oxígeno (tonelada)</i>	<i>Secuestro neto de carbono (tonelada/año)</i>	<i>Número de árboles</i>	<i>Área foliar a (acre)</i>
Pochote	26.16	9.81	175	19.31
Balso blanco	12.28	4.61	700	7.11
Caoba	11.22	4.21	875	11.81
Hardwood	7.71	2.89	1,225	7.22
Palo mulato	7.70	2.89	350	6.69
Machete	6.68	2.51	700	4.59
Guacimo	5.26	1.97	350	2.95
Coccoloba	4.97	1.86	350	2.66
spp				
Silk	4.63	1.74	525	3.02
Cottontree				
Ayoyote	3.80	1.43	175	1.40
Bursera spp	3.39	1.27	350	2.75
Rosa morada	3.15	1.18	350	3.39
Albizia spp	1.36	0.51	175	1.22
Heliocarpus	1.04	0.39	175	0.70
spp				

El escurrimiento superficial puede ser causa de preocupación en muchas áreas urbanas ya que puede contribuir a la contaminación de arroyos, humedales, ríos, lagos y océanos. Durante los eventos de precipitación, cierta cantidad se ve interceptada por la vegetación (árboles y matorrales) mientras que la otra alcanza el suelo. La cantidad de la precipitación que llega al suelo y no se filtra se vuelve escurrimiento superficial (Hirabayashi, 2012).

Sin embargo, los árboles y matorrales urbanos son benéficos al reducir el escurrimiento superficial. Los árboles y matorrales interceptan la precipitación, mientras que sus sistemas de raíces promueven la infiltración y el almacenamiento en el suelo. Los árboles y matorrales de cañon del sumidero loma larga ayudan a reducir el escurrimiento por casi 28.7 mil pies cúbicos al año con un valor asociado de Mex\$37 mil. El escurrimiento evitado se calcula en base al estado del tiempo de la localidad de la estación meteorológica designada por el usuario. En cañon del sumidero loma larga, la precipitación anual total en 2015 fue Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura 23% del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

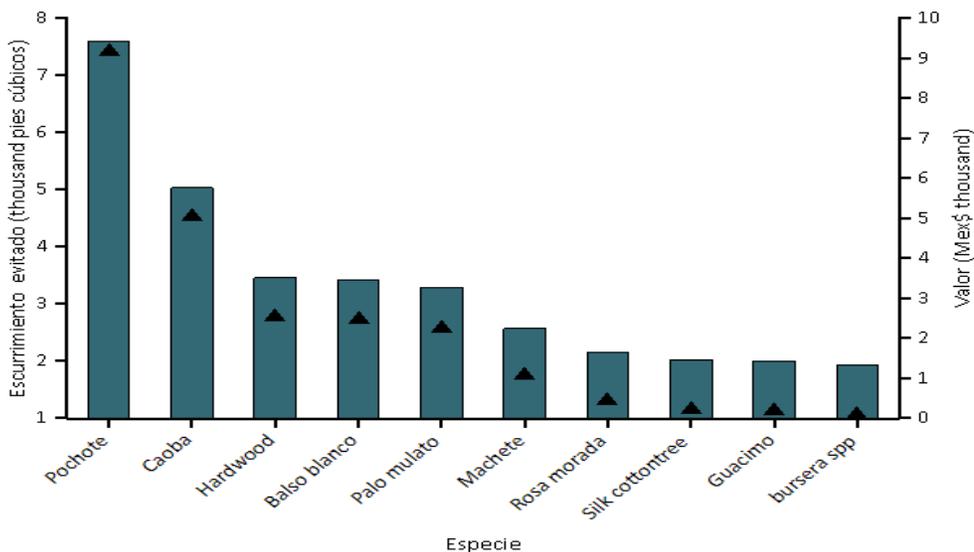


Figura 14.- Escurremientto evitado para las especies con mayor impacto general en el escurrimientto en el cañon del sumidero, loma larga.

5.6.-Valores estructurales y funcionales

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

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

Los árboles urbanos en cañon del sumidero loma larga tienen los siguientes valores estructurales:

- Valor estructural: Mex\$14.3 millón
- Almacenamiento de carbono: Mex\$202 mil

Los árboles urbanos en cañon del sumidero loma larga tienen los siguientes valores funcionales anuales:

- Secuestro de carbono: Mex\$30.3 mil
- Ecurrimiento evitado: Mex\$36.5 mil
- Eliminación de la contaminación: Mex\$170 mil
- Costos de la energía y valores de la emisión de carbono: Mex\$0

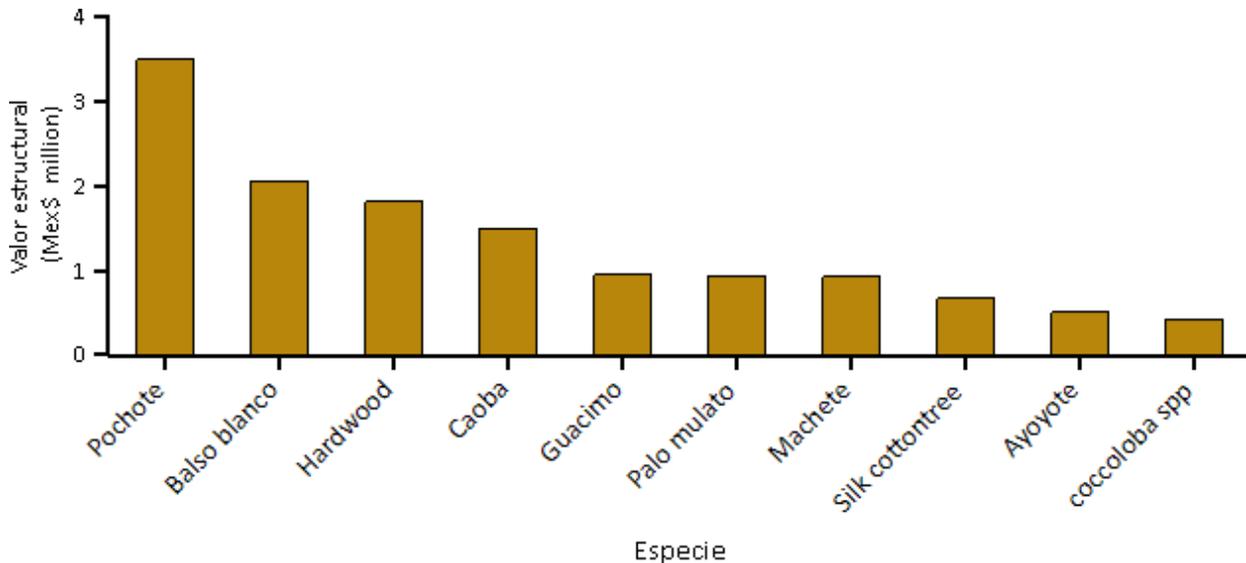


Figura 15.- Especies de árboles con mayor valor estructural, cañon del sumidero loma larga.

5.7.-Efectos de los árboles relacionados

El bosque urbano en cañon del sumidero loma larga brinda beneficios que incluyen el almacenamiento y secuestro de carbono y la eliminación de la contaminación del aire. Para calcular el valor relativo de dichos beneficios, se compararon los beneficios de los árboles con los cálculos de las emisiones promedio de carbono municipales, las emisiones promedio de los automóviles de pasajeros y las emisiones promedio de las viviendas.

El almacenamiento de carbono equivale a:

- Cantidad de carbono emitido en cañon del sumidero loma larga en 0 días
- Emisiones anuales de carbono (C) de 188 automóviles
- Emisiones anuales de C de 77 viviendas unifamiliares

La eliminación de monóxido de carbono equivale a:

- Emisiones anuales de monóxido de carbono de 0 automóviles
- Emisiones anuales de monóxido de carbono de 1 viviendas unifamiliares

La eliminación de dióxido de nitrógeno equivale a:

- Emisiones anuales de dióxido de nitrógeno de 0 automóviles
- Emisiones anuales de dióxido de nitrógeno de 0 viviendas unifamiliares

La eliminación de dióxido de sulfuro equivale a:

- Emisiones anuales de dióxido de sulfuro de 524 automóviles
- Emisiones anuales de dióxido de carbono de 1 viviendas unifamiliares

El secuestro anual de carbono equivale a:

- Cantidad de carbono emitida en cañón del sumidero loma larga en 0.0 días
- Emisiones anuales de C de 0 automóviles
- Emisiones anuales de C de 0 viviendas unifamiliares

5.8.-Comparación de bosques urbanos

En este estudio realizado se estimó el secuestro bruto de carbono es de 39.84 ton.año⁻¹, almacenan 266 toneladas de carbono por año; de las especies muestreadas, *Ceiba pentandra* almacena (37.1%) y secuestra (24.8%) la mayor cantidad de carbono. Produciendo 99.38 toneladas de oxígeno al año y con una reducción del escurrimiento superficial de 28.7 mil pies cúbicos al año.

Una pregunta común es, “¿cómo se compara esta ciudad con otras?” Aunque la comparación entre ciudades debe hacerse con precaución ya que hay muchas características de una ciudad que afectan a la estructura y las funciones del bosque urbano, se proporcionan los datos resumidos de otras ciudades analizadas con el modelo i- Tree Eco (Tabla 3).

Tabla 3.- Totales por acre de área de terreno.

<i>Ciudad</i>	<i>Número de árboles/ha</i>	<i>Almacenamiento de carbono (toneladas/ha)</i>	<i>Secuestro de carbono (toneladas/ha/año)</i>	<i>Eliminación de la contaminación (lb/ha/año)</i>
Toronto, ON, Canada	64.9	7.8	0.33	26.7
Atlanta, GA	111.6	15.9	0.55	39.4
Los Angeles, CA	19.6	4.2	0.16	13.1
New York, NY	26.4	6.8	0.21	17.0
London, ON, Canada	75.1	6.8	0.24	14.0
Chicago, IL	24.2	4.8	0.17	12.0
Baltimore, MD	48.0	11.1	0.36	16.6
Philadelphia, PA	25.1	6.3	0.19	13.6
Washington, DC	49.0	13.3	0.41	21.2
Oakville, ON , Canada	78.1	6.0	0.27	11.0
Boston, MA	33.5	9.1	0.30	16.1
Syracuse, NY	67.7	10.3	0.34	13.6
Woodbridge, NJ	66.5	10.8	0.38	28.4
Minneapolis, MN	26.2	6.7	0.24	16.3
San Francisco, CA	22.5	6.6	0.17	9.5
Morgantown, WV	119.2	16.8	0.52	
Moorestown, NJ	62.1	12.4	0.40	
Hartford, CT	50.4	12.7	0.38	26.0
Jersey City, NJ	14.4	2.2	0.09	25.1
Casper, WY	9.1	2.8	0.09	5.5
Freehold, NJ	38.3	16.0	0.44	35.3

5.9.-Recomendaciones generales para el mejoramiento de la calidad del aire

La vegetación urbana puede afectar de manera directa e indirecta a la calidad del aire local y regional al alterar el ambiente de la atmósfera urbana. Cuatro formas principales en las que los árboles urbanos afectan la calidad del aire son (Nowak 1995):

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

Los efectos acumulativos e interactivos de los árboles en el clima, la eliminación de la contaminación y las emisiones de COV y de las plantas eléctricas determinan el

impacto de los árboles en la contaminación del aire. Los estudios acumulativos de los impactos de los árboles urbanos en el ozono han revelado que el aumento en la cobertura del dosel urbano, en particular con especies de baja emisión de COV, conduce a la reducción en las concentraciones de ozono en las ciudades (Nowak., 2000). Las decisiones de manejo urbano de la localidad pueden ayudar a mejorar la calidad del aire.

Tabla 4.-Las estrategias de manejo del bosque urbano para ayudar a mejorar la calidad del aire incluyen (Nowak, 2000):

<i>Estrategia</i>	<i>Resultado</i>
Aumenta el número de árboles saludables	Aumenta la eliminación de la contaminación
Mantener la cobertura de los árboles actual	Mantiene los niveles de eliminación de la Contaminación
Maximiza el uso de árboles de baja emisión de COV	Reduce la formación de ozono y monóxido de Carbon
Mantener árboles grandes, saludables	Los árboles más grandes tienen mayores efectos por árbol
Usar árboles duraderos	Reducir las emisiones de contaminantes a largo plazo de la siembra y la eliminación
Usar 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 de los contaminantes
Sembrar árboles en lugares que conservan Energía	Reducir las emisiones de contaminantes de centrales eléctricas
Sembrar árboles para darle sombra a autos Estacionados	Reduce las emisiones vehiculares de COV
Suministrar mucha agua a la vegetación	Mejora la eliminación de la contaminación y la reducción de la temperature
Sembrar árboles en áreas contaminadas o muy Pobladas	Maximiza los beneficios de la calidad del aire de los árboles
Evita, especies sensibles contaminación	Mejora la salud del árbol
Utilizar árboles siempre verdes para materialParticulado	Eliminación de partículas durante todo el año

5.10.-Determinación del impacto de plagas

La determinación del impacto de una plaga en el monte es, en general, complicada. A veces han de considerarse varios productos, como madera y frutos, pero incluso cuando se tiene en cuenta un solo factor, por ejemplo, madera, habrán de considerarse diversos aspectos. El destino de la madera puede ser decisivo; así los hongos de pudrición blanca que utilizan las ligninas para su nutrición afectan gravemente a su resistencia mecánica pero no alteran su contenido celulósico (Robledo, 1985).

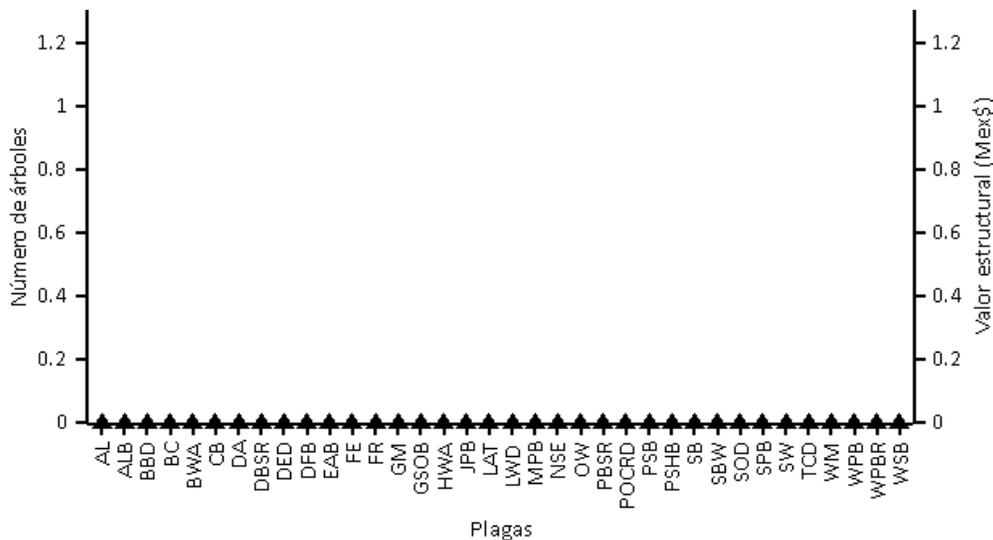


Figura 16.- Numero de arboles en riesgos posibles plagas cañon del sumidero, loma larga.

El minador de hojas de álamo (AL) (Kruse *et al.*, 2007) es un insecto que ocasiona daño principalmente al álamo temblón cuando sus larvas se alimentan del tejido de las hojas. AL tiene el potencial de afectar 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor estructural).

El escarabajo asiático de cuerno largo (ALB) (Servicio de Inspección de la Salud de Plantas y Animales 2010) es un insecto que barrena y mata a una amplia variedad de especies de madera roble. ALB presenta una amenaza al 0.0 por ciento del cañon del sumidero loma larga bosque urbano, lo cual representa una posible pérdida de Mex\$0 en valor estructural.

La enfermedad de la corteza de haya (BBD) (Houston y O'Brien 1983) es un complejo de enfermedades por insectos que impacta principalmente al haya. Esta enfermedad amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa posibles pérdidas de Mex\$0 en valor estructural.

El cancro del nogal blanco (BC) (Ostry *et al.*, 1996) lo ocasiona un hongo que infecta a los árboles de nogal blanco. La enfermedad ha causado una disminución importante en las poblaciones de nogal blanco en Estados Unidos. Las posibles pérdidas de árboles por BC son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor estructural).

El pulgón de bálsamo lanoso (BWA) (Ragenovich y Mitchell 2006) es un insecto que ha ocasionado daños importantes a los pinos en Norteamérica. cañon del sumidero loma larga podría posiblemente perder por ciento de sus árboles a esta plaga (Mex\$0 en valor estructural).

Las deformaciones, tortuosidades y curvaturas de los fustes causados por los numerosos perforadores de brotes, como los lepidópteros del género *Rhyacionia*, devalúan totalmente la madera para desarrollo o sierra, pero si el destino de la madera es la industria papelera, o se utiliza en la fabricación de tableros de partículas o aplicaciones análogas, no existe devaluación de la madera (Robledo, 1985).

5.11.-Especies invasoras del bosque urbano

En 2008 se realizó un primer inventario de las Especies Exóticas Invasoras presentes en la zona de uso público, con la finalidad de establecer estrategias y medidas de control. Como resultado se identificaron 13 especies clasificadas como introducidas en

el área: eucalipto azul (*Eucalyptus globulus*), framboyán (*Delonix regia*), benjamina (*Ficus benjamina*), ciprés (*Cupressus lindleyi*), bugambilia (*Bougainvillea equisetifolia*), palma areca (*Chrysalidocarpus lutescens*), palma real (*Sabal mexicana*), papaya

(*Carica papaya*), guayaba (*Psidium guajava*), limón (*Citrus sp.*), plátano (*Musa paradisiaca.*), gato (*Felis catus*) y perro (*Canis familiaris*) (Martínez, 2019)).

5.12.- Especies Exóticas / Exóticas Invasoras / Nativas con comportamiento invasor / Exóticas Invasoras con Distribución potencial

Hasta marzo de 2019, mediante la revisión de literatura disponible, trabajo con personal del Parque Nacional Cañón del Sumidero (PN Cañón del Sumidero) y con actores locales involucrados en el tema, se han identificado 77 especies, de las cuales: 32 son Especies Exóticas, 29 Especies Exóticas Invasoras, siete nativas con comportamiento invasor y nueve exóticas y exóticas invasoras con potencial introducción. A estas últimas, se les podrían añadir 16 especies más de presencia potencial en el ANP derivada del trabajo de modelado de nicho ecológico realizado en el marco del Proyecto GEF - Especies Invasoras la mayoría de las especies son plantas (48) (Martínez, 2019).

5.13.-Índice de diversidad de especie con valores ecológicos

Índices ecológicos: En las unidades del paisaje y con base en los valores promedio, la diversidad del índice Shannon-Wiener fluctuó entre 2.55 en unidades de potreros con árboles dispersos y 3.52 en acahuales maduros; el índice de Pielou mostró una distribución equitativa de especies con valores ≥ 0.76 , mientras que la dominancia de Simpson fue ≤ 0.15 , indicando que se trata de poblaciones con abundancias similares. Esto mismo se observa a nivel de ecosistemas ya que los valores promedio del índice Shannon-Wiener fueron 3.51 y 3.62, la dominancia de Simpson fue 0.06 y 0.05, y la equitatividad de Pielou 0.78 y 0.82 para la matriz y para el bosque respectivamente (Struhsaker, 1998).

CAPITULO VI.- CONCLUSIÓN

Los bosques urbanos son una medida de adaptación importante ante los efectos adversos del cambio climático, que resultan en una disminución de la vulnerabilidad de la población de las ciudades. Se requiere una valoración social y económica que los posicionen como medida estratégica, con el fin de lograr no sólo su protección, sino su justificación como medida prioritaria de adaptación en las ciudades de México.

Es importante que una ciudad contemple los bosques urbanos como parte de su estrategia para prevenir inundaciones y efectos provenientes de las olas de calor (Vargas, McPherson, Simpson, Peper, Gardner, & Xiao, 2008).

La red de montes, el arbolado y los árboles individuales de una ciudad y de acuerdo (States. In: Sopper & Lull, 2009) sus alrededores desempeñan una amplia gama de funciones, como regular el clima, almacenar el carbono, eliminar los agentes contaminantes del aire, reducir el riesgo de que se produzcan inundaciones, colaborar en la seguridad alimentaria, del agua y la energía, así como mejorar la salud física y mental de los ciudadanos.

El mundo continuará avanzando en su urbanización en las décadas venideras. Las aldeas se convertirán en pueblos, los pueblos se convertirán en ciudades y las ciudades se convertirán en mega ciudades. El desafío de asegurar que estas extensiones urbanas sean habitables y sostenibles es enorme, y los profesionales y defensores de la silvicultura urbana y periurbana deberán estar a la altura de las circunstancias. La salvaguarda y la gestión sostenible de los bosques y otros espacios verdes en las ciudades serán cruciales para la salud y el bienestar del planeta y sus habitantes (Vargas, McPherson, Simpson, Peper, Gardner, & Xiao, 2008).

El reto en valoración de los servicios ecosistémicos es una necesidad creciente de interdisciplinariedad, para comprender mejor el papel que los ecosistemas proveen; se hace necesario comprender la función de la producción ecológica en un sentido más profundo. Se ha dado un interés creciente en vincular las funciones de los ecosistemas con sus servicios e integrar el concepto del servicio del ecosistema en la planificación del territorio, la gestión de los recursos y la toma de decisiones. Sin embargo, los valores sociales que la gente fije a determinado paisaje o ecosistema son importantes en la planificación ambiental, ya que pueden aumentar los beneficios de la gestión ambiental a través de la participación activa de las comunidades locales e instituciones interesadas en el proceso de planificación (Rendon, 2015).

CAPITULO VII.- BIBLIOGRAFÍA

- Abdollahi, K. (2000). Appeaning, A., eds. Global climate change and the urban forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press. 77 p.
- Ambiente, S. D. (2014). Bosques Urbanos - Glosario definición - SEDEMA. Mexico: Artículo 90 Bis 1, de la LAPTDF .
- Baldocchi, D. (1988). A multi-layer model for estimating sulfur dioxide deposition to a deciduous oak forest canopy. Atmospheric Environment. 22: 869-884.
- British. (2005). Columbia Ministry of Water, Land, and Air Protection. Residential wood burning emissions in British Columbia. British Columbia.
- Carrasquilla, O. (2018). Bosques urbanos para mejorar la calidad de vida en las ciudades .
- Contreras, D. E. (2016). cálculo del índice de biodiversidad de especies faunísticas en.
- Countries, N.-O. (1994). Energy Information Administration. Energy Use and Carbon Emissions: Non-OECD Countries., DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy. Washington.
- Geograficas, I. N. (2005). Continuo nacional del conjunto de datos geográficos de la carta geológica. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/geologia/> .
- Heirigs, P. (2004). Delaney, S.S.; Dulla, R.G. Evaluation of MOBILE Models: MOBILE6.1 (PM), MOBILE6.2 (Toxics), and MOBILE6/CNG. Sacramento, CA: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.
- Hirabayashi. (2011). Urban Forest Effects-Dry Deposition (UFORE-D) Model Enhancements, [http:// www.itreetools.org/eco/resources/UFORE-D enhancements.pdf](http://www.itreetools.org/eco/resources/UFORE-D-enhancements.pdf).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). Uso de suelo y vegetacion .
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2007). Geo estadísticas nacionales .

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Uso del suelo y vegetación. Escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Uso del suelo y vegetacion .
- Jaen, U. D. (2013). Valor funcional anual de los árboles de la UJA (variable flujo).
- Jerry Bond, J. C. (2008). A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest, Structure and Ecosystem Services.
- Jiménez-Pérez. (2002). MUESTREO DE DIVERSIDAD Y OBSERVACIONES ECOLÓGICAS. Universidad Autónoma Chapingo.
- Kattan, G. H. (2017). Ecología y conservación de bosques neotropicales .
- Martínez, R. J. (2019). Servicio De Consultoría Para Establecer Los Planes De Manejo De Especies Exóticas Invasoras En Las Áreas . Tuxtla Gutierrez: Entidad Consultora: Ciencia y Comunidad por la Conservación (CCC A.C.).
- Murray, F. & L., M. (1994). Bradford, P.A. New York State Energy Plan, vol. II: issue reports. Albany, NY: New York State Energy Office.
- Nowak, D. (1995). Trees pollute A "TREE" explains it all. In: Proceedings of the 7th National Urban Forestry Conference. Washington, DC: American Forests.
- Nowak, D. (2014). Hirabayashi, S., Bodine, A., Greenfield, E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. Environmental Pollution. 193:119-129.
- Nowak. (2000). Civerolo, K.L.; Rao, S.T.; Sistla, S.; Luley, C.J.; Crane, D.E. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. Atmospheric Environment. 34: 1601-1613.
- Nowak. (2007). Oxygen production by urban trees in the United States. Arboriculture & Urban Forestry. 33(3):220-226.
- Peper, P. (2009). McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Vargas, K.E.; Xiao Q. Lower Midwest community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-219. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-219. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwe.
- Rendon, L. C. (2015). Valores Sociales Del Bosque Urbano De La Ciudad De Pereira.
- Robledo, D. C. (1985). Combate de plagas y enfermedades forestales.

- S. Borelli, M. C. (2018). Foro Mundial sobre Bosques Urbanos. Italia.
- States. In: Sopper, W., & Lull, H. (2009). Zinke, P.J. 1967. Forest interception studies in
Forest Hydrology. Oxford, UK: Pergamon Press: 137-161.
- Struhsaker, T. (1998). Ecology of an African Rainforest: Logging in Kibale and the
Conflict between Conservation and Exploitation. University of Florida press.
- Vargas, K., McPherson, E., Simpson, J., Peper, P., Gardner, S., & 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.
- Worrall, J. (2007). Chestnut Blight. Forest and Shade Tree Pathology.
http://www.forestpathology.org/dis_chestnut.html.