



Metepec, Estado de México a 6 de junio del 2022
Número de Oficio 225A00000/113/2022

**MAESTRO
RODRIGO ESPELETA ALADRO
SECRETARIO DE JUSTICIA Y DERECHOS HUMANOS
P R E S E N T E**

Me refiero al Acuerdo aprobado por la Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, en fecha 28 de abril de 2022, con el objeto de "llevar a cabo censos de árboles en las principales zonas metropolitanas y urbanas"; al respecto, como es de su conocimiento, la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio que depende de la Secretaría del Campo tiene por objeto la protección, conservación, reforestación, fomento y vigilancia de los recursos forestales en el Estado, de conformidad con el artículo 3.17 del Código para la Biodiversidad del Estado de México.

En este sentido, a la luz de lo dispuesto por el artículo 143 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México, PROBOSQUE no cuenta con facultades para la realización del censo materia del Acuerdo de mérito; no obstante, dicho organismo se encuentra elaborando el "Inventario Estatal Forestal y de Suelos del Estado de México", cuya finalidad es contar con información cartográfica y estadística de los ecosistemas forestales.

Sin más por el momento, le envié un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**LETICIA MEJÍA GARCÍA
SECRETARIA DEL CAMPO**



C.c.p. Mtra. Yaira Ramírez Burillo. Subsecretaría Jurídica y De Derechos Humanos. Ref. SJDH/SJyDH/120/2022.

Archivo.
ANA

SECRETARÍA DEL CAMPO
OFICINA DE LA C. SECRETARIA

Metepec, Estado de México a 9 de junio de 2022
Oficio No. 221A00000/159/2022

DIPUTADA
KARLA YURITZI ALMAZÁN BURGOS
VICEPRESIDENTA DE LA CÁMARA DE
DIPUTADOS DE LA LXV LEGISLATURA
P R E S E N T E

Hago referencia al oficio no. D.G.P.L.65-II-2-869, por el que remite al Titular del Ejecutivo del Estado, copia del Acuerdo aprobado por la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión en fecha 28 de abril de 2022, que a la letra señala:

"Único. La Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, exhorta respetuosamente al titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a los gobiernos de las 32 Entidades Federativas, en coordinación con sus respectivas autoridades de desarrollo urbano y medio ambiente, lleven a cabo censos de árboles en sus principales zonas metropolitanas y urbanas."

Al respecto, me permito formular, de manera respetuosa, algunas consideraciones con referencia al exhorto emitido por esa Soberanía, que reseñan las diversas acciones que en la materia y, en ejercicio de sus atribuciones, ha promovido esta Secretaría.

De conformidad con lo establecido en el artículo 115 fracción III de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los municipios tienen a su cargo, entre otros servicios, los relativos a calles, parques y jardines públicos que se encuentran dentro de su ámbito territorial.

De manera correlativa, el artículo 2.9 fracción IX del Código para la Biodiversidad del Estado de México, determina como atribución de las autoridades municipales, la creación y administración de zonas de preservación y conservación ecológica de los centros de población, parques urbanos, jardines públicos y demás áreas de su competencia; así como generar las acciones para crear, rescatar, restaurar y vigilar las áreas verdes que permitan mejorar la calidad de vida y convivencia social de los habitantes del municipio. De igual manera, corresponde a los ayuntamientos elaborar y ejecutar su programa anual de reforestación, forestación, restauración de suelos y conservación de bienes y

...#

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

servicios ambientales, en términos de los artículos 31 fracciones I y XXIII y 125 fracción VII de la Ley Orgánica Municipal del Estado de México, y 5 fracción V del Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México.

Ahora bien, para facilitar la atención que las autoridades de los 125 municipios mexiquenses deben otorgar al arbolado en áreas urbanas, esta Secretaría ha promovido diversas acciones como la expedición de dos Normas Técnicas Estatales Ambientales, las cuales establecen los criterios técnicos que facilitan la protección, conservación, rehabilitación y mantenimiento de estas áreas, a partir de estándares internacionales.¹

Asimismo, a partir de 2019, esta Secretaría implementó el Programa de Conservación y Manejo de Arbolado y Áreas Verdes en Zonas Urbanas del Estado de México, que comprende la capacitación al personal de las autoridades municipios de la entidad, para fortalecer sus capacidades técnicas en manejo de arbolado, así como el inventario del arbolado urbano, documento que se adjunta para mejor proveer.

De forma particular, para la atención de las áreas naturales protegidas urbanas de jurisdicción estatal de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, se generó el Primer Inventario Total de Arbolado en el Parque Metropolitano Bicentenario, así como el Inventario Total del Arbolado del Parque Ambiental Bicentenario.

A partir de la colaboración del Servicio Forestal de Estados Unidos de América y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, se elaboró el Primer Inventario Total de Arbolado con el uso de la herramienta *i-Tree Eco*, para determinar los servicios ambientales y económicos generados por los árboles del Parque Metropolitano Bicentenario, que comprendió una superficie de 19.69 hectáreas.

¹ NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA018-SEMAGEM-DS-2017, que establece las especificaciones técnicas y criterios que deberán cumplir las autoridades de carácter público, personas físicas, jurídicas colectivas, privadas y en general todos aquellos que realicen labores de poda, dembo, trasplante y sustitución de árboles en zonas urbanas del Estado de México.

NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA019-SEMAGEM-DS-2017, que establece las condiciones de protección, conservación, fomento, creación, rehabilitación y mantenimiento de las áreas verdes y macizos arbóreos de las zonas urbanas en el territorio del Estado de México.

"2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México".

- 3 -

Asimismo, en mayo de 2022 se elaboró el Inventario Total del Arbolado del Parque Ambiental Bicentenario, en una superficie de 100.93 hectáreas

(se adjunta en medio magnético evidencia de la publicación de las Normas; los informes generados por la *Plataforma i-Tree Eco* de 2019 y 2022; así como copia simple del Informe otorgado por la Coordinación General de Conservación Ecológica, para mejor proveer).

La Secretaría del Medio Ambiente coincide con esa Soberanía, respecto de que la información que pueda generarse mediante la instrumentación del inventario y los censos desarrollados por las autoridades municipales, contribuirá a la toma de decisiones en materia de preservación y protección ambiental en las zonas urbanas.

Sin otro particular, le envío un respetuoso saludo.

ATENTAMENTE



JORGE RESCALA PÉREZ
SECRETARIO

C.c.p. NITRO. JORGE PEDRO FLORES MARKER, Coordinador General de Conservación Ecológica. Para su atención.
JRP/CAPT

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

NI/SPIA/063/2019

Tlalnepantla, México, a 16 de diciembre de 2019

NOTA INFORMATIVA

**PARA: BIOL. JORGE PEDRO FLORES MARKER
COORDINADOR GENERAL DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA**

**DE: JAIME RAMÍREZ RIVAS
SUBDIRECTOR DE PROYECTOS E INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL**

Como es de su conocimiento los días 13 y 14 del presente y en colaboración con la Asociación Mexicana de Arboricultura A.C. (AMA), en las instalaciones del Parque Metropolitano Bicentenario, Municipio de Toluca, se llevó a cabo el *Taller de Trabajo en Árboles*, evento que fue presidido por Usted, así como del presídium siguiente: Biol. Adrián Ornelas Muñiz, en representación de la AMA, el Ing. Miguel Ángel González Colín, Delegado de la AMA en el estado de México; M. en C. Stephanie Fabiola López López, Asesora del Servicio Forestal de Estados Unidos de América; Dr. Omar Franco Mora, Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (FCA-UAMEX); Ing. Julián Huerta Cantinca, Director General de la Universidad Intercultural del Estado de México; el C. Eduardo Medina, Presidente del campeonato Internacional de Trepa.

El evento se orientó a fortalecer la seguridad y trabajo en los árboles, que los participantes conozcan el equipo y técnicas de trepa, así como el software i-Tree Eco como una herramienta para determinar los servicios ecosistémicos para la gestión del arbolado urbano.

Asistieron un total de 152 personas provenientes de los municipios de Amecameca, Ecatepec, Teoloyucan, Toluca, Temoaya, Atlautla, Tlalnepantla, Huixquilucan, Texcoco, Sultepec, Metepec, Tultitlán, Otzolotepec, Tepetlaoxtoc, Malinalco, Zinacantepec, San Antonio de la Isla, Coatepec Harinas, Valle de Bravo, Tejupilco, Atlacomulco, Tenango del Valle, Cuautitlán Izcalli, Naucalpan, Teotihuacan, Nezahualcóyotl y San Mateo Atenco; de las entidades de Morelos, Michoacán, Veracruz, Chiapas, Jalisco y Querétaro; de España; y de instituciones como la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM, de la FCA-UEAMEX, del Colegio de Postgraduados así como de PROBOSQUE.

Flore
3:10

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS E INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL

El primer día consideró la impartición de Conferencias con los Temas: "i-Tree Eco como herramienta de manejo del bosque urbano y su aplicación en México", a cargo de la M. en C. Stephanie Fabiola López; "Manejo de arbolado urbano en tierra", por parte de Eduardo Medina; "Inventario de arbolado urbano" a cargo de la Biol. Mónica Martínez Hurtado, Arborista acreditada en la Ciudad de México y Estado de México; y por parte del suscrito "Uso de i-Tree Eco en el inventario de arbolado del Parque Metropolitano Bicentenario"; y el taller práctico "Técnicas de trepa", a cargo de la Lic. Vanesa Tilán Fernández, Arborista Certificada. El segundo día se impartieron los talleres "Seguridad en el trabajo, equipo y protección de emergencia", "Técnicas de ascenso", "Uso de hondilla" y "Nudos". Los talleres fueron impartidos conjuntamente por varios arboristas certificados por la AMA y coordinados por el C. Eduardo Medina. Cabe señalar que el segundo día estuvo presente el Ing. Ricardo Agapito Jara Arce, Presidente de la AMA.

Las actividades durante los dos días fueron coordinadas por el Ing. Néctar Cruz Liévano, su personal técnico y operativo con la gestión y acondicionamiento de los espacios utilizados y los apoyos logísticos.

Es importante destacar que personal operativo de la Delegación Regional Toluca, tuvo oportunidad de estar ambos días en el taller, lo que fortalecerá sus capacidades técnicas y de seguridad para el mantenimiento del arbolado.

Por parte de la AMA, les enviará por correo electrónico a los participantes la constancia respectiva por su participación.

Se anexan imágenes de los dos días del taller, así como del documento presentado por el suscrito.

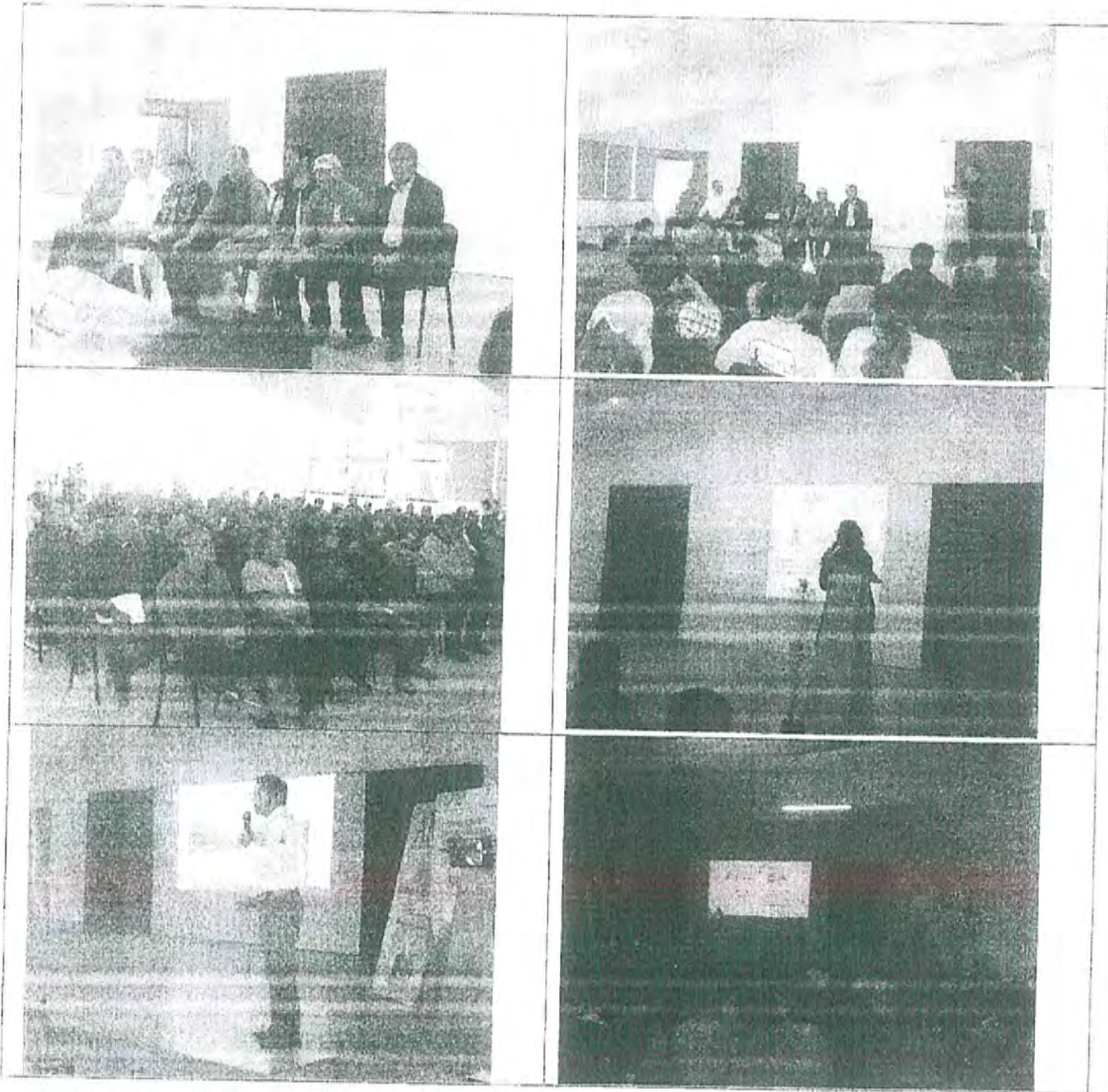
ATENTAMENTE



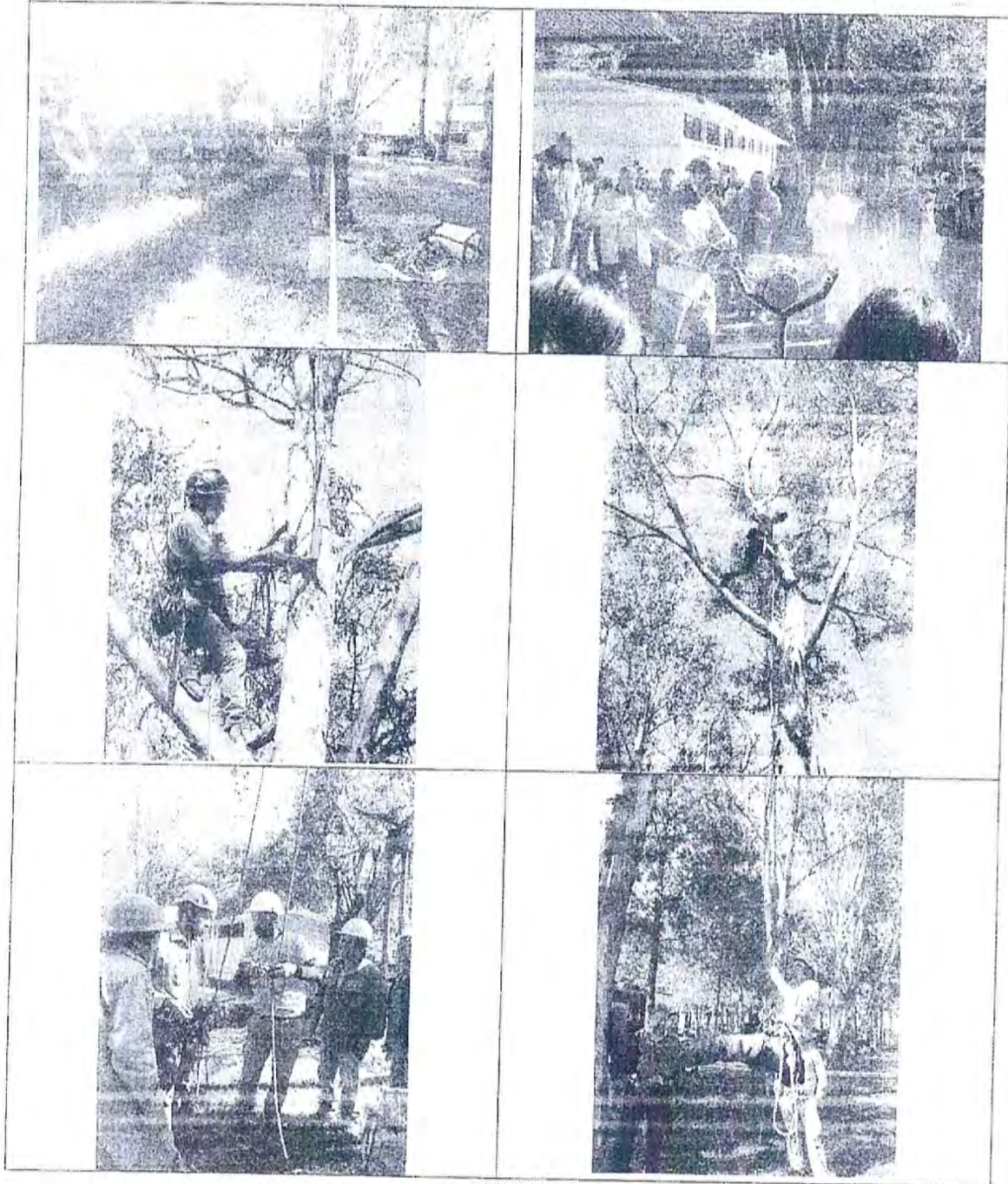
Distribución electrónica:

Ing. Adrian Hernandez Herrera. - Coordinador de Delegaciones
Ing. Néctar Cruz Liévano. - Delegado Regional en Toluca

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS E INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL



SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS E INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL



SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS E INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

Periódico Oficial

Gaceta del Gobierno

Gobierno del Estado Libre y Soberano de México

REGISTRO DGC NÚM. 001 1021 CARACTERÍSTICAS 113282801

Director: Lic. Aarón Navas Alvarez
legislacion.edomex.gob.mx

Mariano Matamoros Sur núm. 308 C.P. 50130

A: 202/3/001/02

Fecha: Toluca de Lerdo, Méx., miércoles 7 de febrero de 2018

“2018. Año del Bicentenario del Natalicio de Ignacio Ramírez Calzada, El Nigromante”.

Sumario

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA-018-SEMAGEM-DS-2017, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CRITERIOS QUE DEBERÁN CUMPLIR LAS AUTORIDADES DE CARÁCTER PÚBLICO, PERSONAS FÍSICAS, JURÍDICAS COLECTIVAS, PRIVADAS Y EN GENERAL TODOS AQUELLOS QUE REALICEN LABORES DE PODA, DERRIBO, TRASPLANTE Y SUSTITUCIÓN DE ÁRBOLES EN ZONAS URBANAS DEL ESTADO DE MÉXICO.

AVISOS JUDICIALES: 339, 337, 341, 350, 50-BI, 51-BI, 150-AI, 351, 348, 365, 49-BI, 342, 340, 163, 470, 134-AI, 261, 466, 465, 467, 178-AI, 461 y 182-AI.

AVISOS ADMINISTRATIVOS Y GENERALES: 453, 454, 464, 165-AI, 151-AI, 154-AI, 152-AI, 331, 153-AI, 155-AI, 163-AI, 164-AI, 73-BI y 183-AI.

Tomo CCV
Número

22

SECCIÓN PRIMERA

Número de ejemplares impresos: 300



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

Periódico Oficial

Gaceta del Gobierno

Gobierno del Estado Libre y Soberano de México

REGISTRO DGC NÚM. 001 1021 CARACTERÍSTICAS 113282801

Director: Lic. Aarón Navas Alvarez
legislacion.edomex.gob.mx

Mariano Matamoros Sur núm. 308 C.P. 50130 A: 202/3/001/02
Fecha: Toluca de Lerdo, Méx., miércoles 7 de febrero de 2018

“2018. Año del Bicentenario del Natalicio de Ignacio Ramírez Calzada, El Nigromante”.

Sumario

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA-019-SE/MAGEM-DS-2017, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES DE PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN, FOMENTO, CREACIÓN, REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS ÁREAS VERDES Y MACIZOS ARBÓREOS DE LAS ZONAS URBANAS EN EL TERRITORIO DEL ESTADO DE MÉXICO.

AVISOS JUDICIALES: 179-AI, 180-AI, 520, 543, 534, 549, 552, 214-AI, 84-BI, 221-AI, 526, 532, 535, 547, 550, 85-BI, 215-AI, 524, 533, 542, 545, 548, 551 y 83-BI.

AVISOS ADMINISTRATIVOS Y GENERALES: 90-BI, 546, 536, 89-BI, 211-AI, 217-AI, 219-AI, 87-BI, 540, 537, 528, 531, 544, 541, 529, 538, 88-BI, 217-AI, 527, 530, 539, 86-BI, 218-AI, 210-AI, 525, 81-BI, 82-BI, 212-AI, 216-AI, 213-AI y 220-AI.

Tomo CCV
Número

22

SECCIÓN SEGUNDA

Número de ejemplares impresos: 300

Coordinación General de Conservación Ecológica

Programa de Conservación y Manejo de Arbolado y Áreas Verdes en Zonas Urbanas del Estado de México


OBJETIVOS
DE DESARROLLO
SOSTENIBLE



Febrero de 2019

Contenido

1. Presentación

2. Objetivo

3. Metas

4. Calendario de actividades

5. Diagnóstico

6. Acciones

7. Requerimientos

8. Bibliografía



1. Presentación

Las masas arbóreas y vegetación presentes en zonas urbanas del territorio del Estado de México, independientemente del paisaje que representan, son el medio para proporcionar beneficios ambientales y las condiciones de conservación y mejora del microclima de los municipios, regiones y del estado. Un paisaje urbano sin cobertura vegetal genera erosión del suelo y mayores escorrentías, por lo que los árboles y las áreas verdes en el entorno urbano constituyen parte fundamental del patrimonio ambiental y de la infraestructura de las poblaciones.

El arbolado y las áreas verdes urbanas están sujetos a la presión antrópica, desde la selección de especies inadecuadas hasta el manejo inapropiado o nulo, lo cual tiene repercusiones relevantes sobre la infraestructura urbana y provoca la pérdida de individuos arbóreos y espacios verdes, por lo que se hace necesario regular las prácticas de manejo para fomentar su permanencia en buen estado.

Lo anterior, debido a que las actividades sobre el arbolado y áreas verdes urbanas, realizadas sin la técnica apropiada o bajo esquemas mal aplicados y en condiciones inapropiadas, provocan su deterioro y pérdida progresiva en detrimento de la calidad de vida de los habitantes del Estado de México, por lo que resulta necesario regular y homologar las especificaciones técnicas y criterios ambientales para su manejo con el fin de contribuir al fortalecimiento regulatorio que permita reducir las afectaciones ambientales de este recurso.

En la actualidad, es recurrente que la apreciación social sobre el retiro de árboles y acciones sobre las áreas verdes de las zonas urbanas se realizan sin conocimiento, planeación, ni control, lo que conlleva a un deterioro del ambiente que además provoca la indignación y el consiguiente reclamo social, exigiendo a la autoridad tomar medidas necesarias dirigidas a la protección del patrimonio ambiental que éstos representan. Por lo que estas actividades deben estar reguladas para que los particulares y autoridades lleven a cabo apropiadamente el manejo.



A lo anterior se suma los cambios trienales de los gobiernos municipales que comúnmente implica la modificación de las áreas y los cuadros técnicos encargados de las autorizaciones para la poda, derribo y trasplante de árboles y la atención a las áreas verdes, con criterios divergentes y sin las suficientes bases técnicas, que garanticen un adecuado manejo.

En el contexto anterior, el 7 febrero del año 2018, fueron publicadas en la Gaceta del Gobierno del Estado de México las Normas Técnicas Estatales Ambientales NTEA-018-SeMAGEM-DS-2017 y NTEA-019-SeMAGEM-DS-2017, que regulan las actividades sobre manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas, dotando así a la entidad con el marco jurídico necesario en este ámbito.

La aplicación de las Normas Técnicas Estatales Ambientales, busca unificar y homologar los lineamientos de manejo más allá de los periodos administrativos y fungen como una guía para las autoridades públicas, personas físicas, jurídicas colectivas, privadas y en generales todos aquellos que realicen acciones sobre el arbolado y las áreas verdes en zonas urbanas en el Estado de México.

Dichas Normas Técnicas Estatales Ambientales dan la atribución a la Coordinación General de Conservación Ecológica para registrar y establecer los lineamientos de operación, por lo que considerando la problemática existente se ha elaborado un plan de trabajo que se expone en el presente documento y mediante las acciones que se plantean se pretende que incida en la conservación y un manejo adecuado del arbolado y áreas verdes urbanas de la entidad, lo que contribuirá a la sustentabilidad de las ciudades tal y como se plantea en el Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023, a través del Pilar Territorial sobre Vida de los Ecosistemas terrestres.



1. Objetivo

General

- Conservar y mejorar el arbolado y áreas verdes en las zonas urbanas del Estado de México, mediante la difusión, promoción, capacitación y coordinación con autoridades de los tres niveles de gobierno, sector privado y organizaciones de la sociedad civil, sobre la regulación y prácticas de manejo con base en las Normas Técnicas Estatales Ambientales NTEA-SeMAGEM-018-DS-2017 y NTEA-SeMAGEM-019-DS-2017, para contribuir a la sustentabilidad urbana.

Específicos

- Promover el manejo adecuado a los árboles y las áreas verdes en zonas urbanas mediante pláticas de sensibilización con autoridades de los tres niveles de gobierno, sector privado y organizaciones de la sociedad civil.
- Capacitar a personal técnico y operativo de los municipios sobre buenas prácticas para el manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas.
- Establecer acuerdos de colaboración con Universidades, Asociaciones Civiles e Institutos de Investigación para brindar a los municipios apoyo con asesoría y capacitación sobre el manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas.
- Generar una metodología que se utilice para realizar inventario de arbolado y áreas verdes con aplicación en Parques Urbanos, que contribuya a generar planes de manejo sobre el arbolado y áreas verdes urbanas para su aplicación por parte de los Ayuntamientos.



2. Metas

- Realizar 8 sesiones regionales en el Estado de México para promover con las autoridades de los tres niveles de gobierno y asociaciones civiles las Normas Técnicas Estatales Ambientales sobre manejo de árboles y áreas verdes en zonas urbanas.
- Establecer 4 convenios o acuerdos de colaboración con Universidades u Organizaciones de la Sociedad Civil para apoyar con capacitación y asesoría técnica sobre el manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas.
- Impartir 4 cursos de capacitación sobre manejo de arbolado y áreas verdes urbanas dirigido a personal técnico y operativo de los municipios, así como asociaciones civiles.
- Promover que 18 municipios (Atizapán, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, La Paz, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tecámac, Texcoco, Tlalnepantla, Tultitlán y Valle de Chalco Solidaridad) de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y 8 (Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, Toluca y Zinacantepec) de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), cuenten con personal capacitado y registrado sobre las Normas Técnicas Estatales Ambientales sobre manejo de arbolado y áreas verdes urbanas.
- Diseñar 1 metodología base para realizar el inventario de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas.
- Elaborar el inventario sobre el arbolado del Parque Metropolitano Bicentenario, Toluca para determinar la cantidad, su condición y los servicios ambientales que proporcionan.



3. Calendario de actividades

Actividad	Unidad de Medida	Meta	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sesiones de difusión con autoridades municipales y otras instancias de las Normas Técnicas Ambientales Estatales sobre manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas.	Sesión	8		2	6									
Convenios o acuerdos de colaboración con Universidades u Organizaciones de la Sociedad Civil para apoyar con capacitación y asesoría técnica sobre el manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas.	Convenio o acuerdo	4	1	3										
Impartir cursos de capacitación sobre manejo de arbolado y áreas verdes urbanas dirigido a personal técnico y operativo de los municipios, así como asociaciones civiles.	Curso	4			2		1			1				
Personal de 18 municipios de la ZMVM y 8 de la ZMVT con personal capacitado y con registro con base en las Normas Técnicas Estatales Ambientales sobre manejo de arbolado y áreas verdes urbanas.	Municipio	26	2	2	3	3	3	3	3	3	3	1		
Metodología para realizar inventario de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas	Documento	1			0.5	0.5								
Inventario de arbolado del Parque Metropolitano Bicentenario para determinar cantidad, condición y servicios ambientales.	Informe	1						1						

4. Diagnóstico

Durante la Cumbre de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, celebrada del 25 al 27 de septiembre de 2015 en la ciudad de Nueva York, E.E.U.U., se aprobó el instrumento denominado "Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" (lo que hoy conocemos como la Agenda 2030) y fue adoptado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas, entre ellos México. Esta Agenda fue concebida como una oportunidad para que las sociedades de cada uno de los países integrantes de esta organización implementen estrategias y políticas públicas en temas que van desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de las ciudades, con el objetivo de mejorar la vida de todos sus habitantes.

El documento incluye los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que sirven como plataforma de lanzamiento para la acción de la comunidad internacional, los gobiernos, así como organismos de la sociedad civil, academia y el sector privado, con el fin de cumplir tres metas globales en los próximos 15 años:

- Terminar con la pobreza extrema.
- Luchar contra la desigualdad y la injusticia.
- Reparar el cambio climático.

Los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) contemplados en la Agenda 2030 son los que se muestran en la Tabla 1 siguiente:



"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"



Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.



Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.



Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.



Objetivo 10: Reducir la desigualdad en y entre los países.



Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.



Objetivo 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.



Objetivo 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.



Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.



Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.



Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.



Objetivo 14: Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.



Objetivo 17: Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.



Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.



Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.



Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.



Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.



Objetivo 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.



Diseñado bajo el marco de referencia de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, el Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023 (PDEM 2017-2023) señala que frente a las dinámicas de crecimiento poblacional se incorporó el *Pilar Territorial: Estado de México Ordenado, Sustentable y Resiliente*; que nos hace conscientes de la importancia de manejar nuestros recursos naturales en forma sustentable, y de construir comunidades resilientes, que cuenten con la capacidad y autonomía para enfrentar sus desafíos locales.

Con base en lo anterior, la Agenda 2030 es un plan de acción a largo plazo que contempla políticas de desarrollo sociales, económicas y ambientales; asimismo, considera estrategias transversales encaminadas a la fortaleza institucional, la participación social y a la generación de alianzas que permitan llevar a cabo las acciones encaminadas a la consecución de los objetivos y que el PDEM 2017-2023, ha incorporado como marco para el diseño estratégico a largo plazo.

La conceptualización de la Agenda 2030 en el Estado de México se aprecia en la Imagen 1.

El esquema expone de manera gráfica la concepción del alineamiento del PDEM 2017-2023 a la Agenda 2030, donde se han distribuido los Objetivos para el Desarrollo Sostenible en apego a la realidad y necesidades del Estado de México.

Cita el PDEM 2017-2023, que el manejo sustentable del territorio y sus recursos naturales sólo puede lograrse con la participación decidida de la ciudadanía, así como de los diferentes órdenes de gobierno. Una visión integral del territorio y de sus ciclos naturales es fundamental para preservar el medio ambiente.

La generación de "*Gases de Efecto Invernadero*" (GEI) asociados a la calidad del aire, así como la producción de desechos urbanos, industriales y agropecuarios representan una problemática que debe atenderse.



"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

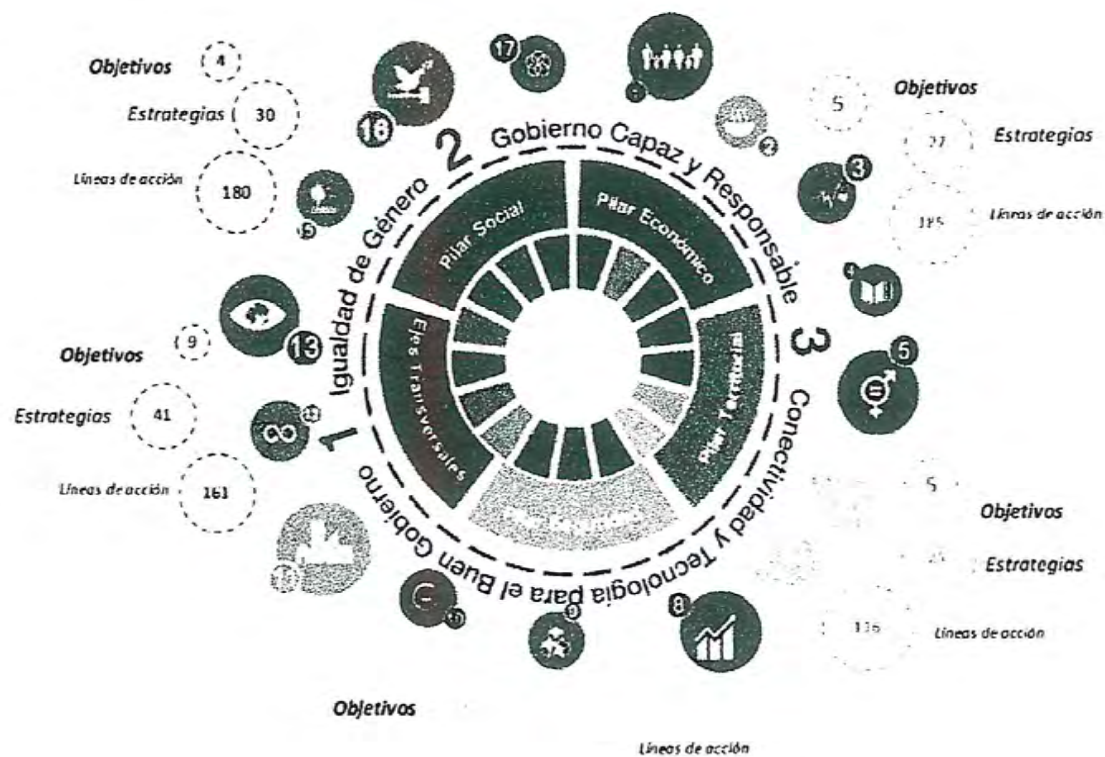


Imagen 1. Conceptualización de la Agenda 2030 del PDEM 2017-2023

"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Todos estos sectores se encuentran cercanamente vinculados a la actividad en las ciudades y generan impactos tangibles para las mismas. Basta considerar que estas emisiones se combinan con paisajes urbanos de suelos pavimentados, lo cual deriva en un fenómeno conocido como *"Islas de calor"*, generando un aumento en las temperaturas de las ciudades. Durante 2017, en la capital mexiquense se registraron temperaturas de hasta 31°C a nivel asfalto, originadas por las islas de calor.

Asimismo, en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, en 212 días del 2016, se registró de mala a extremadamente mala la *"Calidad del aire"* (índice superior a 100 puntos IMECA), mientras que de enero a noviembre de 2017 fueron 208 días. En los municipios conurbados del Estado de México a la Ciudad de México ese indicador se situó en 280 días en 2016 y 253 de enero a noviembre de 2017.

Un reto clave de las principales Zonas Metropolitanas de la entidad es el deterioro en la calidad del aire como consecuencia de la urbanización y la industrialización. Estas zonas presentan altas concentraciones de contaminantes como partículas menores a 10 micrómetros (PM¹⁰), partículas menores a 2.5 micrómetros (PM^{2.5}) y Ozono (O₃). A pesar de los avances en términos de monitoreo de las condiciones atmosféricas y de las acciones de la Comisión Ambiental de la Megalópolis (establecida en octubre de 2013) las concentraciones atmosféricas de O₃, PM^{2.5} y PM¹⁰, exceden de manera persistente los límites permisibles fijados por las Normas Mexicanas.

El PDEM 2017-2023 considera como objetivo central adoptar medidas urgentes para combatir el *"Cambio climático"* y *"Mitigar"* sus efectos en el marco de los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, mediante el fortalecimiento de la *"Resiliencia"* y administración de riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales, la capacidad para planificar y gestionar de manera eficaz los aspectos relacionados con el cambio climático con base en las siguientes estrategias y líneas de acción.

El territorio estructura la relación ente los asentamientos humanos y las actividades económicas y sociales formando ciudades. En ellas convergen retos de múltiples dimensiones para cubrir de manera colectiva las necesidades de la población, abarcando desde la provisión de agua potable, seguridad y transporte, hasta el acceso a espacio público, como las áreas verdes, en donde las personas puedan convivir.



El reto urbano en el Estado de México es de magnas proporciones; ya que 87 por ciento de la población es urbana, mientras 13 por ciento es rural. En términos absolutos, es la entidad con mayor urbanización en el país: los 13.2 millones de mexiquenses que habitan en zonas urbanas que representan 15.3 por ciento de la población urbana total en México.

El fenómeno metropolitano domina el desarrollo de las ciudades en el Estado de México, ya que 95 por ciento de la población que habita en zonas urbanas pertenece a alguna de tres Zonas Metropolitanas: Valle Cuautitlán-Texcoco, Valle de Toluca y Santiago Tianguistenco.

El segundo gran reto para impulsar la accesibilidad, en las ciudades del Estado de México es la provisión de espacios públicos de calidad a distancias caminables para las personas, aspecto que contribuye de forma decisiva a la sostenibilidad de las comunidades y a fortalecer la identidad de los barrios. Actualmente, sólo 16 por ciento del área urbana en el Estado de México está localizada a menos de 300 metros de un espacio público abierto. Lo cual implica, que sólo el 26.5 por ciento de la población urbana tenga acceso directo a éste. El Estado de México tiene 407 áreas verdes urbanas reconocidas por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

En el apartado del **Diagnóstico: Vida de los Ecosistemas Terrestres**, del Pilar Territorial PDEM 2017-2023, se indica el **Objetivo** específico, la **ESTRATEGIA** y **Línea de Acción**, en la que se contempla la atención al arbolado en zonas urbanas como se puede apreciar en la Tabla 2.

La definición de *Arbolado Urbano* y *Áreas Verdes Urbanas* que se indica en las Normas Técnicas Estatales Ambientales NTEA-018-SeMAGEM-DS-2017 y NTEA-018-SeMAGEM-DS-2017, publicadas en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el 7 de febrero de 2018, dice lo siguiente:

Arbolado Urbano	Árboles que crecen dentro de los límites de la propiedad pública o privada en una población, municipio o ciudad considerado como suelo urbano.
-----------------	--



Área Verde Urbana	Toda superficie de cubierta de vegetación, natural o inducida que se localice en las zonas urbanas del territorio del Estado de México. Incluye: Parques, jardines, barrancas, glorietas, camellones, cada uno con formas y características diversas.
-------------------	---

Tabla 2. Acción específica para la atención del arbolado urbano en el PDEM 2017-2023

3.3. OBJETIVO: PROCURAR LA PRESERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS EN ARMONÍA CON LA BIODIVERSIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE.		
	Vinculación con las metas de la Agenda 2030	
	Contribución directa	Contribución indirecta
3.3.5. ESTRATEGIA: Generar los recursos para conservar la diversidad biológica y los ecosistemas.		
Líneas de Acción	15.1	2.4
<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar esquemas de remuneración a proveedores que brinden servicios ambientales • en áreas prioritarias. • Generar estímulos económicos a diferentes sectores de la sociedad para impulsar la • participación ambiental. • <i>En coordinación con los municipios, conservar y mantener el arbolado de zonas urbanas.</i> 		15.4 15.a 15.b 15.9

Fuente: PDEM 2017-2023

De esta manera, son dos elementos diferentes pero muy relacionados entre sí ya que una buena parte del arbolado urbano se ubica dentro de los espacios identificados como áreas verdes urbanas: parques, barrancas, camellones, glorietas y jardines. Además,



ambos prácticamente proporcionan los mismos servicios ambientales. Sin embargo, se citan por separado considerando que cada uno de éstos tiene una norma técnica ambiental estatal específica.

En efecto, las ciudades han crecido, pero no se ha mantenido una proporción equilibrada entre áreas libres y áreas edificadas por lo que se ha llegado a una gran contradicción: la carencia de áreas verdes; cuando constituyen las mayores necesidades de los habitantes de esta.

Para las ciudades europeas la existencia de áreas verdes figura entre los cinco indicadores principales obligatorios para la sostenibilidad de las ciudades (Gómez, 2005).

La vegetación en la ciudad, no sólo tiene una función ornamental (que la tiene), sino que tiene un papel regulador de la agresión ambiental: retiene las aguas atmosféricas, contribuye a la evapotranspiración, constituye un filtro contra la contaminación y representa un excelente regulador del intercambio de aire, calor y humedad con el entorno urbano; habría que hablar también del papel perceptual-paisajístico; desde antiguo se ha hablado de la necesidad psicológica del habitante de la ciudad por acercarse a la naturaleza, siendo conocidos los efectos terapéuticos: disminución de la tensión, de la fatiga y tantos otros aspectos que la OMS, y otros muchos autores han destacado.

Hoy más que nunca está claro el insustituible papel ecológico del verde urbano frente a la simple proliferación de espacios abiertos (plazas pavimentadas, grandes avenidas), que esponjan la trama urbana pero no cubren las necesidades citadas.

En definitiva, el sistema de espacios verdes en ciudad y su planificación interaccionan con el sistema de microclima urbano y con aspectos psicológicos ambientales, de gran importancia para el habitante de la ciudad, como es el medio ambiente urbano, el confort y, en definitiva, la calidad de vida que pueden llegar a tener los ciudadanos.

La infraestructura verde de las ciudades, podríamos concluir, es la única que da respuesta a ciertas necesidades de convivencia, agrupación y socialización de distintos grupos humanos que habitan las urbes, cumpliendo, por tanto, una importante función social que llega a ser de interés incluso en la reafirmación de la integridad de la persona en cuanto facilita su unión con el pasado (jardines



de origen histórico, acompañamiento verde en zonas monumentales) o lo que es lo mismo, facilita la ubicación de la persona en un orden cultural, pero también en un orden natural gracias a la conexión de la sucesión temporal de los aspectos biológicos (paso de las estaciones, temperaturas, longitudes del período diario de luz) con estos espacios vivos. Los usuarios de parques y jardines, y más concretamente los niños, ancianos y otros elementos de la población inactiva, encuentran en las zonas verdes la satisfacción de unas demandas concretas que tienen que ver sobre todo con lo lúdico y el descanso, beneficiándose, al mismo tiempo, de todo el resto de efectos favorables que otorgan estos espacios. Otros grupos de la población se sirven de los espacios verdes de distinta manera, más dinámica como es el paseo, la práctica de deportes, la lectura, la tertulia, etc.

Existen diversas publicaciones refiriendo que la Organización Mundial de la Salud, hace ya tiempo, recomendó para las ciudades la cifra de 9 m²/hab, asimismo también sugiere un diseño de ciudad que incorpore una red de estos espacios accesibles a 15 minutos a pie desde las viviendas de los ciudadanos (Ramiro Flores, 2010).

En el caso de la Ciudad de México se cita en un estudio (Ramiro Flores, 2010), con una tendencia a la baja de superficie de áreas verdes urbanas de 29 m²/habitante en 1950, a 9.9 en la década de 1980 y de 5.6 para el 2000. En el mismo estudio refiero que con datos de 2007 del propio Gobierno de la Ciudad se cuenta con 5.3 m² de áreas verdes bajo manejo por habitante, que coloca a la entidad por abajo del estándar mínimo internacional (Ver imagen 2).

Como se ha señalado la población del Estado de México ha crecido exponencialmente y concentrado mayoritariamente en grandes ciudades, principalmente las Zonas Metropolitanas: la del Valle de México (ZMVM) y la del Valle de Toluca (ZMVT), en las cuales, igual que en el resto del país el crecimiento urbano ha carecido de criterios de sustentabilidad, resaltando en este sentido la insuficiencia de áreas verdes con consecuencias a la salud de la población por el deterioro del entorno.

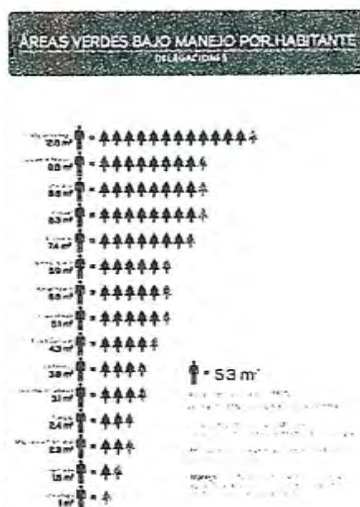
Pero más aún, en el caso del Estado de México no se cuenta con un estudio, estadística o base de datos sobre la cantidad de arbolado o superficie de área verde en zonas urbanas.



"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Para el caso de CDMX, existen trabajos realizados desde el 2002 con el Inventario de Áreas Verdes Urbanas en el cual se realizó clasificación de imágenes de satélite IKONOS del años 2000; para el año 2009 se realizó otro inventario utilizando imágenes Quick Bird de temporalidad 2007- 2008 y consideró áreas mayores a 50 m²; del 2006 al 2016 se trabajó en el inventario de arbolado urbano con la participación de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX (PAOT), y se creó el Sistema de Información Geográfica-PAOT como una herramienta tecnológica, que integra entre otros datos, se maneja información urbana y ambiental, en el cual se tiene registrada la base de datos y la georreferenciación del arbolado en sus Áreas Naturales Protegidas, Barrancas, Áreas de Valor Ambiental, así como Parques y Jardines.

Imagen 2. Superficie de área verde por habitante en las Alcaldías de la Ciudad de México



Fuente: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/flippingbook/areas-verdes/#p=5>



Para el año 2016 se utilizó otra herramienta tecnológica para valoración del arbolado por medio del ARBOTOM, con este dispositivo se pueden observar los daños internos, se tiene una salida gráfica de fácil interpretación, tiene un display donde se pueden ver los resultados de medición sin dañar el árbol. (Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial de la CDMX, 2016).

En el Estado de México, existe poca información referente al arbolado y áreas verdes urbanas, ya que no se cuenta con un inventario de las mismas aún a nivel municipal.

Un documento que debiera contar con dicha información son los Planes de Desarrollo Urbano Municipal (PDUM). Al respecto, se tienen elaborados, aprobados y publicados en la Gaceta del Gobierno 118 Planes Municipales de Desarrollo Urbano, quedando pendientes de su aprobación: Cocotitlán, Coyotepec, Hueypoxtla, Jaltenco, Melchor Ocampo, Tequixquiác y Tonanitla (SEDUyM, 2019). Como lo especifica la misma SEDUyM en el portal de internet los PMDU se identifican los proyectos, obras y acciones regionales en materia de desarrollo urbano, vialidad, transporte, infraestructura hidráulica, sanitaria y eléctrica, equipamiento regional, desarrollo económico y de protección y conservación del medio ambiente entre otras, señalando en muchos casos los plazos y los recursos necesarios para su ejecución. Sin embargo, la gran mayoría de éstos tienen información rezagada y para el caso de los datos sobre la superficie de áreas verdes en zonas urbanas, son prácticamente inexistentes y sólo en casos excepcionales proporcionan datos generales como el de Ecatepec, Tlalnepantla y Toluca, en donde sí refieren la superficie de las áreas verdes aunque no las características y calidad de los espacios. En ningún caso hay información sobre el inventario del arbolado.

Un documento revisado en el cual se encontró información referente a las áreas verdes urbanas, es la plataforma de ONU-Hábitat, específicamente en el estudio realizado en el Índice Básico para las Ciudades Prósperas. De acuerdo a este estudio realizado, para varios municipios de la entidad, se analizaron los siguientes indicadores:

- *Espacio público: Accesibilidad al espacio público abierto:* Mide el porcentaje de área urbana del municipio cercana a los espacios públicos de acceso gratuito y libre, como parques, plazas, jardines, instalaciones recreativas y deportivas, y áreas verdes. El alto resultado indica que la distribución general de espacios públicos en la ciudad es accesible para la mayor



parte de los hogares. Sin embargo, es importante señalar que además de la distribución, existen otros aspectos como la calidad del espacio, su diseño y condiciones de uso local, que deben ser considerados para evaluar las funciones sociales, culturales y ecológicas que tienen este tipo de espacios.

- *Áreas verdes per cápita:* Mide la cantidad de superficie que una ciudad dedica a espacios verdes (bosques, parques y jardines) y si son suficientes para su población. Un bajo resultado indica que la cantidad de espacios verdes urbanos se aleja mucho de una media óptima internacional de 15m²/hab. Estudios sugieren que una ciudad sin áreas verdes suficientes y mala distribución, pone en riesgo la sostenibilidad urbana, reduce su capacidad para capturar emisiones contaminantes del aire y cuenta con entornos urbanos de mala calidad.
- *Dimensión Calidad de Vida:* Una ciudad próspera es aquella que proporciona a todos sus ciudadanos sin distinción de raza, etnicidad, género, estatus socioeconómico u orientación sexual, servicios básicos dignos, educación de calidad, espacios públicos accesibles y seguridad ciudadana (ONU-Hábitat, 2018).

En dicha plataforma se localizó la información de municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México y la Zona Metropolitana de Toluca. Los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de la información se concentraron en la Tabla 3, indicando los valores de accesibilidad al espacio público, así, como el área verde per cápita, en las columnas de valores.

Los datos de la Tabla 3, se plasmaron en un mapa (Imagen 3), donde se puede apreciar los resultados para cada uno de los municipios. En el mismo mapa, se aprecian los datos de los municipios de los cuales se revisaron sus PMDU e información disponible sobre áreas verdes urbanas.

Cabe señalar que los valores cercanos a cien tienen un impacto positivo, mientras que los resultados cercanos a un valor de intermedio (cercano a 50) tienen un impacto regular, por último, los cercanos a cero requieren priorizarse en el ámbito local y regional.



Tabla 3. Indicador de calidad de vida de accesibilidad al espacio público y áreas verdes percápita

MUNICIPIO	ACCESIBILIDAD AL ESPACIO PÚBLICO	VALOR UNO	ÁREAS VERDES PERCÁPITA	VALOR DOS
Atizapán de Zaragoza	53.94	2	100	
Coacalco	91.5		10.14	
Cuautitlán	62.84	2	50.51	2
Chalco	87.16		25.75	
Chicoloapan	60.81	2	5.45	
Chimalhuacán	57.9	2	6.15	
Ecatepec	79.11		15.28	
Huixquilucan	47.81		100	
Ixtapaluca	59.12	2	40.82	
Naucalpan	97.08		74.96	
Nezahualcóyotl	30.62		10.99	
Nicolás Romero	74.9		45.93	
La Paz	51.33	2	49.82	
Tecámac	100		16.64	
Tlalnepantla	78.41		42.02	
Tultitlán	71.56		24.77	
Cuautitlán Izcalli	58.58	2	95.82	

"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Valle de Chalco S.	75.37	1	10.24	3
Almoloya de Juárez	36.44	3	100	1
Lerma	100	4	77.09	1
Metepec	69.71	2	100	1
Temoaya	47.86	2	100	1
Toluca	100	1	46.57	3
Zinacantepec	41.69	3	75.72	1

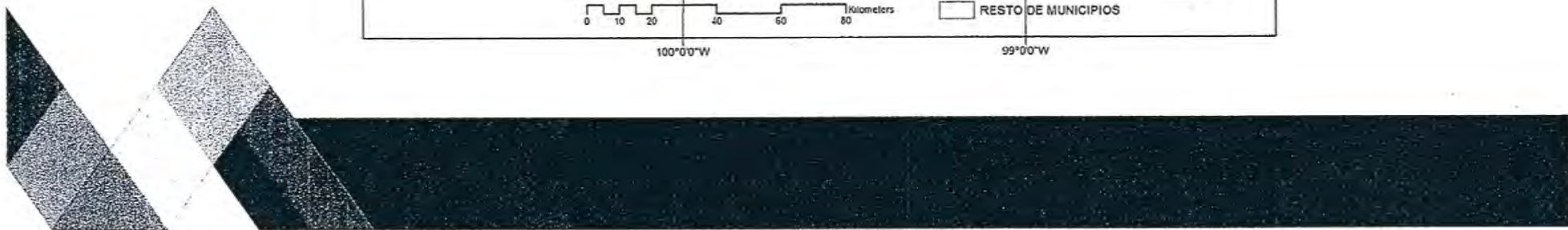
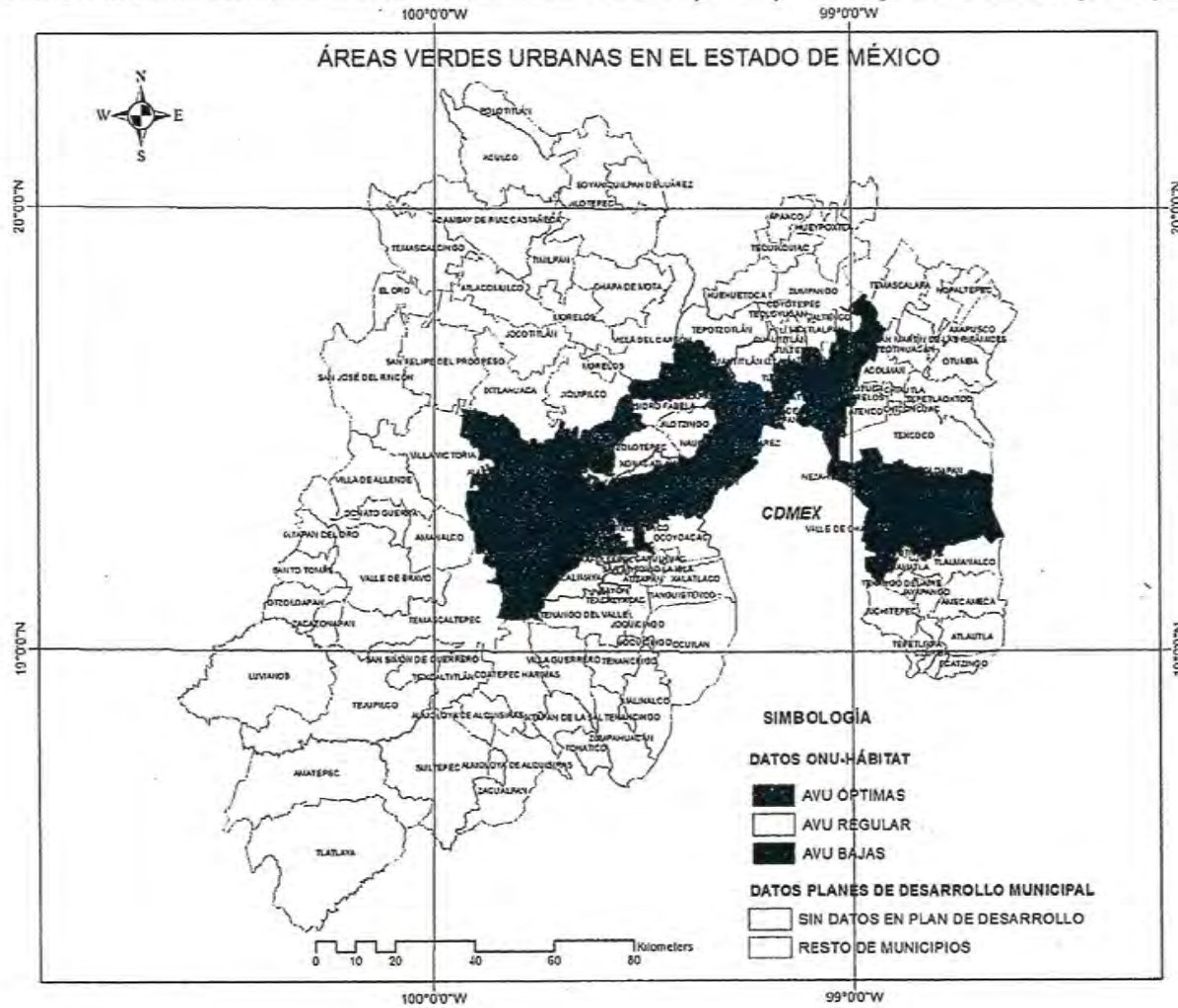
Fuente: CGCE, elaboración propia con base en la plataforma de ONU/Hábitat 2019, de datos disponibles de cada municipio.

Para el caso del resto de los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), como se muestra en la Imagen 3, se consultó su PMDU, pero no se encontró datos relevantes de sus áreas verdes urbanas, tal y como se muestra en la siguiente Tabla 4.



"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Imagen 3. Indicador de calidad de vida de accesibilidad al espacio público y áreas verdes percápita



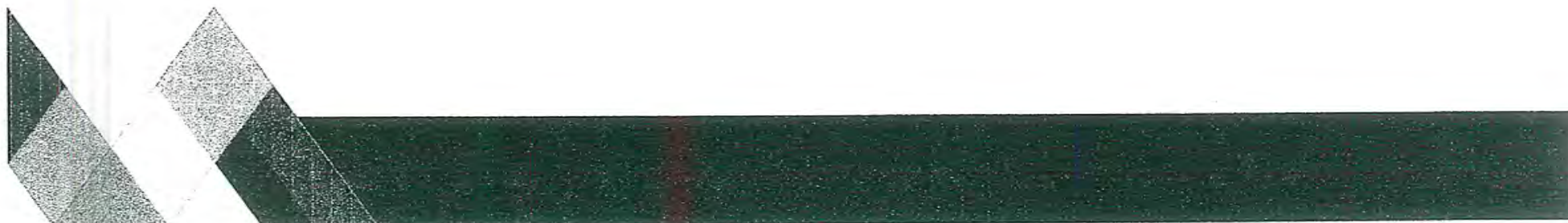
"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Tabla 4. Consulta de datos en los PMDU sobre áreas verdes urbanas de municipios de la ZMVT

MUNICIPIO	AVU (m ² /HAB)
CALIMAYA	S/D
CHAPULTEPEC	S/D
MEXICALCINGO	S/D
OCOYOACAC	S/D
OTZOLOTEPEC	S/D
RAYÓN	S/D
SAN ANTONIO LA ISLA	S/D
SAN MATEO ATENCO	S/D
XONACATLÁN	S/D

Fuente: CGOE, Elaboración propia.

En general, se puede concluir que no existe información referente a un inventario de las áreas verdes en zonas urbanas en el Estado de México, como ya lo refiere Lorena González, 2008; y la escasa información que se registra es general sin detallar la relación de espacios verdes específicos, su condición y calidad. Mucho menos hay información sobre inventario de arbolado urbano.



Para poder contar con la información del inventario de árboles y áreas verdes en zonas urbanas, las Normas Técnicas Estatales Ambientales a las que ya se ha hecho referencia, establecen en su contenido que las autoridades municipales elaboren el inventario respectivo. Sin embargo, para homogeneizar los parámetros y criterios del levantamiento de datos de campo y los formatos de captura, se requiere el diseño de una metodología única y contar con personal técnico capacitado en los municipios. En este sentido, es aún limitado que los municipios cuenten con el personal con el conocimiento y capacitación sobre la arboricultura urbana.

Por esta razón, es de suma importancia promover la capacitación de cuadros técnicos en los municipios que facilite las tareas de levantamiento de la información bajo la metodología diseñada.

De esta manera, la Coordinación General de Conservación Ecológica, ha considera como una de las acciones relevantes la gestión con diversas instituciones de nivel superior y otras instancias, de cursos de capacitación para personal técnico y operativo de los municipios sobre manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas.

Asimismo, por la misma Coordinación General, el diseño de una metodología para el levantamiento de los datos de campo, la cual se transferirá al personal de los municipios y facilite la generación de información fidedigna.

En la medida en que se apliquen las normas, se logrará una adecuada coordinación entre los distintos sectores de la sociedad y los diferentes niveles de gobierno, a fin de crear una conciencia sobre la importancia ambiental y social de estos espacios verdes para el beneficio de las generaciones actuales y futuras.



5. Acciones

En coordinación con las cuatro Delegaciones Regionales de la CGCE, se concertarán con autoridades municipales y de otras instancias los espacios y apoyos logísticos necesarios para llevar a cabo 8 sesiones regionales en la entidad en las que se convocará a las áreas inmersas de los diferentes niveles de gobierno y otras instancias para promover las Normas Técnicas Estatales Ambientales sobre manejo de árboles y áreas verdes en zonas urbanas.

Al respecto se ha considerado un calendario de sesiones siguiente:

Tabla 5. Calendario de sesiones para difusión de las Normas Técnicas Estatales Ambientales sobre manejo de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas

Sede	Día	Municipios Convocados	Municipios
Tlalnepantla	26/02	13	Tlalnepantla, Ecatepec, Coacalco, Tultitlán, Tultepec, Melchor Ocampo, Zumpango, Jaltenco y Hueyoptla Tonantla, Nextlalpan, Tequixquiac, Tecámac y Apasco.
Metepec	27/02	27	Metepec, Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Calimaya, Capulhuac, Chapultepec, Joquicingo, Lerma, Malinalco, Mexicaltzingo, Ocuilán, Otzolotepec, Rayón, San Antonio La Isla, San Mateo Atenco, Santa Cruz Atzapán, Temoaya, Tenancingo, Tenango del Valle, Texcalyacac, Tianguistenco, Toluca, Xalatlaco, Zinacatepec, Zumpahuacán, Ocoyoacac y Xonacatián.
Tepotzotlán	04/03	12	Nicolás Romero, Atzapán de Zaragoza, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán México, Coyotepec, Huehuetoca, Huixquilucan, Isidro Fabela, Naucalpan de Juárez, Teoloyucan, Tepotzotlán y Jilotepec
Teotihuacan	07/03	17	Acolman, Atenco, Axapusco, Chialtla, Chiconcuac, Chimalhuacán, Nezahualcóyotl, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides, Temascalapa, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Texcoco, Tezoyuca y Papalotla
Ixtapaluca	08/03	16	Chalco, Valle de Chalco, Chicoloapan, Ecatzingo, Juchitpec, Ixtapaluca, Cocottitlán, Temamatla, Tepetlaxpa, La Paz, Amecameca, Ayapango, Atlautla, Tlalmanalco, Tenango del Aire y Otumba.
Valle De Bravo	19/03	12	Valle de Bravo, Donato Guerra, San Simón de Guerrero, Santo Tomás de los Plátanos, Texcaltitlán y Villa Victoria, Amanalco, Ixtapan del Oro, Otzolapan, Temascaltepec, Villa de Allende y Zacazonapan.
Jilotepec	20/03	17	Acambay, Atlacomulco, Chapa de Mota, El Oro, Ixtlahuaca, Jilotepec, Jiquipilco, Jocotitlán, San Felipe del Progreso, San José del Rincón, Temascalcingo, Timilpan, Villa del Carbón, Aculco, Morelos, Polotitlán, Soyaniquillpan
Tejupilco	22/03	11	Tejupilco, Almoloya de Alquisirás, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Sultepec, Tlatlaya, Amatepec, Luvianos, Tonatico, Villa Guerrero y Zacualpan
TOTAL		125	

"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Para llevar a cabo los cursos de capacitación se concertarán las sedes e instructores por lo que se llevarán a cabo reuniones de trabajo con las siguientes instancias: Universidad Autónoma de Chapingo a través de la División de Ciencias Forestales; Colegio de Postgraduados a través del Área de Arboricultura y Dasonomía Urbana; Universidad Autónoma del Estado de México mediante la Facultad de Ciencias Agrícolas; y Fundación Xochitla A.C.

Con las anteriores instancias se promoverán 4 convenios o acuerdos de colaboración para facilitar las instalaciones, apoyos logísticos e instructores para impartir los cursos de capacitación.

De esta manera se muestra se ha considerado el siguiente calendario:

Tabla 6. Calendario de capacitaciones sobre manejo de arbolado y áreas verdes en zonas

Fecha	Sede
11 al 15 de Marzo	Fundación Xochitla A.C., Municipio de Tepotzotlán
25 al 29 de Marzo	Universidad Autónoma Chapingo, Municipio de Texcoco
20 al 24 de Mayo	Fundación Xochitla A.C., Municipio de Tepotzotlán
19 al 23 de Agosto	Parque Metropolitano Bicentenario, Municipio de Toluca





"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Conforme se impartan los cursos, simultáneamente se promoverá que tramiten su registro ante la CGCE, como lo indican ambas Normas Técnicas Estatales Ambientales. Al respecto, como una primer meta se tiene considerado promover que 18 municipios (Atizapán, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, La Paz, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tecámac, Texcoco, Tlalnepantla, Tultitlán y Valle de Chalco Solidaridad) de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y 8 (Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, Toluca y Zinacantepec) de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), cuenten con personal capacitado y registrado sobre las citadas Normas sobre manejo de arbolado y áreas verdes urbanas.

De manera paralela se diseñará la metodología base para realizar el inventario de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas. Para ello, se considerará la transferencia de información y capacitación que ha recibido durante 2018 personal técnico de la CGCE por parte del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para homologar los criterios que ya ha trabajado dicho Instituto.

Habiendo diseñado la metodología se tiene considerado llevar a cabo el trabajo piloto en el Parque Metropolitano Bicentenario, ubicado en Toluca. Lo cual permitirá probar la metodología a fin de estar en posibilidad de hacer la transferencia con los municipios.



6. Requerimientos

Para el logro de los objetivos y metas que se establecen en el presente documento, es necesario contar con los recursos humanos y materiales necesarios que finalmente implican un costo, el cual debe determinarse para elaborar el presupuesto y su gestión para su aprobación en el Programa de Egresos.

Las actividades que se realizan para concertar los acuerdos o convenios de colaboración con las instituciones de nivel superior que implica traslados; la difusión y asesoría con los municipios de igual manera implica traslados a las diversas regiones del estado; el procedimiento y materiales para llevar a cabo el registro de personal que cuenta con la acreditación sobre las Normas Técnicas Estatales Ambientales sobre manejo de arbolado y áreas verdes, implica uso de servicios y materiales; el diseño de la metodología y seguimiento en el levantamiento de datos de campo y la supervisión, considera traslados, uso de herramientas y equipos especializados que representan recursos.

Por lo anterior, en la Tabla 7 se plasman los datos específicos de los recursos humanos y materiales que se consideran para la operación del programa, con la finalidad de gestionar la programación y ejercicio de los recursos.



"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

Tabla 7. Costos anuales de operación de las Normas Técnicas Estatales Ambientales a cargo de la Coordinación General de Conservación Ecológica

Concepto	Unidad de Medida	Costo unitario \$	Cantidad requerida	Costo total
Personal técnico	Técnico	352522.8	3	1,057,568.40
Unidad vehicular ¹	Vehículo	4653	2	9,306.00
Suministro de gasolina	Litro	20	3554	42,650.00
Peajes	Pesos	5500.00	1	26,397.89
Equipo de computo	Equipo	35000	2	70,000.00
Impresión ²	Servicio	825	12	9,900.00
Papelería ²	Kit	235	20	4,700.00
Internet ²	Servicio	396	12	4,752.00
Telefonía ²	Servicio	396	12	4,752.00
Energía eléctrica ²	Servicio	546	12	6,552.00
Agua	Garrafón	27	20	540.00
Cafetería	Kit	250	20	5,000.00
Uniformes	Kit	860	3	2,580.00
Herramientas	Kit	5,427.68	1	5,427.68
Equipos especializados de medición	Kit	22174.52	1	22,174.52
TOTAL				1,272,300.49

¹ Sólo considera el costo de servicio de mantenimiento de la unidad y no la adquisición de la misma.

² Es el costo del servicio mensual

7. Bibliografía

Francisco Gómez Lopera. 2005. Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. Publicado en CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales XXXVII (144) 2005. pp 417-436

GEM. 2018. Gaceta Oficial: Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-018-SeMAGEM-DS-2017, que establece las condiciones de Protección, Conservación, Fomento, Creación, Rehabilitación y Mantenimiento de las Áreas Verdes y Macizos Arbóreos de las zonas urbanas en el territorio del Estado de México.

GEM. 2018. Gaceta Oficial: Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-019-SeMAGEM-DS-2017, que establece las condiciones de Protección, Conservación, Fomento, Creación, Rehabilitación y Mantenimiento de las Áreas Verdes y Macizos Arbóreos de las zonas urbanas en el territorio del Estado de México.

GEM. 2018. Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023. GEM

Lorena Martínez Gonzalez. 2008. Árboles y áreas verdes de la Ciudad de México y su zona metropolitana. CONABIO-Fundación Xochitla. México. pp 549

Ramiro Flores Xolocotzi y Manuel de Jesús González Guillen. 2010. Ensayo: Planificación de áreas verdes y espacios públicos. Publicado en Revista Mexicana de Ciencia Forestal, Vol. 1, N° 1. pp 18-24

SEDUyM. 2007. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Calimaya: Gobierno del Estado de México.

SEDUyM. 2005. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Chapultepec: Gobierno del Estado de México.



"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

- SEDUyM. 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Mexicaltzingo: Gobierno del Estado de México.
- SEDUyM. 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Ocoyoacac: Gobierno del Estado de México.
- SEDUyM. 2014. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Otzolotepec: Gobierno del Estado de México.
- SEDUyM. 2004. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Rayón: Gobierno del Estado de México.
- SEDUyM. 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. San Antonio la Isla: Gobierno del Estado de México.
- SEDUyM. 2009. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. San Mateo Atenco: Gobierno del Estado de México.
- SEDUyM. 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Xonacatlán: Gobierno del Estado de México.
- PAOT de la CDMX. 2016. Estadística y datos generales de áreas verdes de la CDMX.
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Atizapán de Zaragoza, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Coacalco de Berriozábal, Estado de México, pp 142
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Cuautitlán, Estado de México, pp 140
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Chalco, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Chicoloapan, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Chimalhuacán, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Ecatepec de Morelos, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Huixquilucan, Estado de México, pp 146
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Ixtapaluca, Estado de México, pp 144

"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar, El Caudillo del Sur"

- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Naucalpan de Juárez, Estado de México, pp 150
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Nezahualcóyotl, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Nicolás Romero, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, La Paz, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Tecamac, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, pp 148
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Tultitlán, Estado de México, pp 144
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, pp 148
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, pp 146
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Almoloya de Juárez, Estado de México, pp 140
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Lerma, Estado de México, pp 136
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Metepec, Estado de México, pp 138
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Temoaya, Estado de México, pp 134
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Toluca, Estado de México, pp 132
- ONU-Hábitat, 2018, Índice Básico de Ciudades Prosperas, Zinacantepec, Estado de México, pp 134

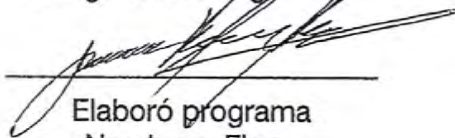
http://seduym.edomex.gob.mx/planes_municipales_de_desarrollo_urbano

<https://onuhabitat.org.mx/index.php/indice-de-las-ciudades-prosperas-cpi-mexico-2018>



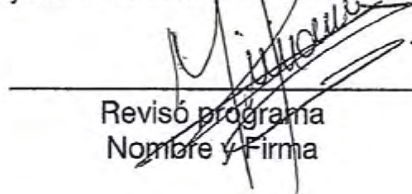
8. Elaboración

Ing. Jaime Ramírez Rivas
Enlace Técnico Operativo con las
Delegaciones Regionales



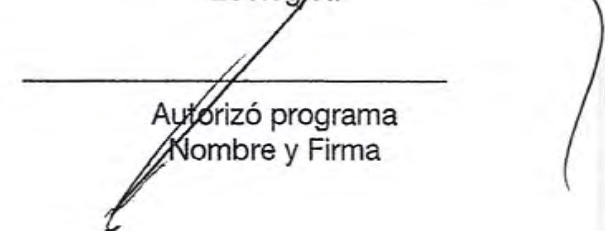
Elaboró programa
Nombre y Firma

Arq. Mónica Iliana Orduña Cano
Encargada de la Subdirección de
Proyectos e Infraestructura Ambiental



Revisó programa
Nombre y Firma

Biól. Jorge Pedro Flores Marker
Coordinador General de Conservación
Ecológica



Autorizó programa
Nombre y Firma



i-Tree

Análisis del ecosistema

PARQUE METROPOLITANO



Efectos y valores del bosque urbano
agosto 2019

Resumen

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 PARQUE METROPOLITANO se llevó a cabo durante 2019. Los datos de 3030 árboles localizados a lo largo de PARQUE METROPOLITANO se analizaron usando el modelo i-Tree Eco desarrollado por el Servicio Forestal de EEUU, Estación de Investigación del Norte.

- Número de árboles: 3,030
- Cobertura arborea: 69.5 %
- Especies más comunes de árboles: Cedro blanco, Ocote, Montezuma pine
- Porcentaje de árboles menores a 6" (15.2 cm) de diámetro: 18.6 %
- Eliminación de la contaminación: 1.124 tonelada métrica/año (Mex\$1.15 millón/año)
- Almacenamiento de carbono: 878.3 tonelada métrica (Mex\$3.24 millón)
- Secuestro de carbono: 24.55 tonelada métrica (Mex\$90.5 mil/año)
- Producción de oxígeno: 65.45 tonelada métrica/año
- Escurrimiento evitado: 3.613 thousand metro cúbico/año (Mex\$162 mil/año)
- Ahorros de energía de edificios: N/A – datos no recopilados
- Emisiones de carbono evitadas: N/A – datos no recopilados
- Valores estructurales: Mex\$135 millón

Tonelada: 1000 kilogramos

Los valores monetarios Mex\$ se reportan en Mexican Pesos a lo largo del reporte excepto donde se señala.

Los cálculos de los servicios del ecosistema se reportan para los árboles.

Para un panorama general de la metodología de i-Tree Eco, consultar el Apéndice I. La calidad de la recopilación de datos la determina los recolectores de datos de la localidad, sobre los que i-Tree no tiene control.

Índice

Resumen	2
I. Características de los árboles del bosque urbano	4
II. Cobertura del bosque urbano y área foliar.....	7
III. Eliminación de la contaminación del aire por árboles urbanos	9
IV. Almacenamiento y secuestro de carbono	11
V. Producción de oxígeno.....	13
VI. Escurrimiento evitado	14
VII. Uso de la energía de árboles y edificios	15
VIII. Valores estructurales y funcionales	16
IX. Posibles impactos de las plagas.....	17
Apéndice I. Modelo y mediciones de campo de i-Tree Eco	21
Apéndice II. Efectos de los árboles relacionados.....	26
Apéndice III. Comparación de bosques urbanos	27
Apéndice IV. Recomendaciones generales para el mejoramiento de la calidad del aire	29
Apéndice V. Especies invasivas del bosque urbano	30
Apéndice VI. Posible riesgo de plagas	31
Referencias	32

I. Características de los árboles del bosque urbano

El bosque urbano de PARQUE METROPOLITANO tiene 3,030 árboles con una cobertura de árboles del 69.5 por ciento. Las tres especies más comunes son Cedro blanco (71.9 por ciento), Ocote (5.8 por ciento) y Montezuma pine (3.4 por ciento).

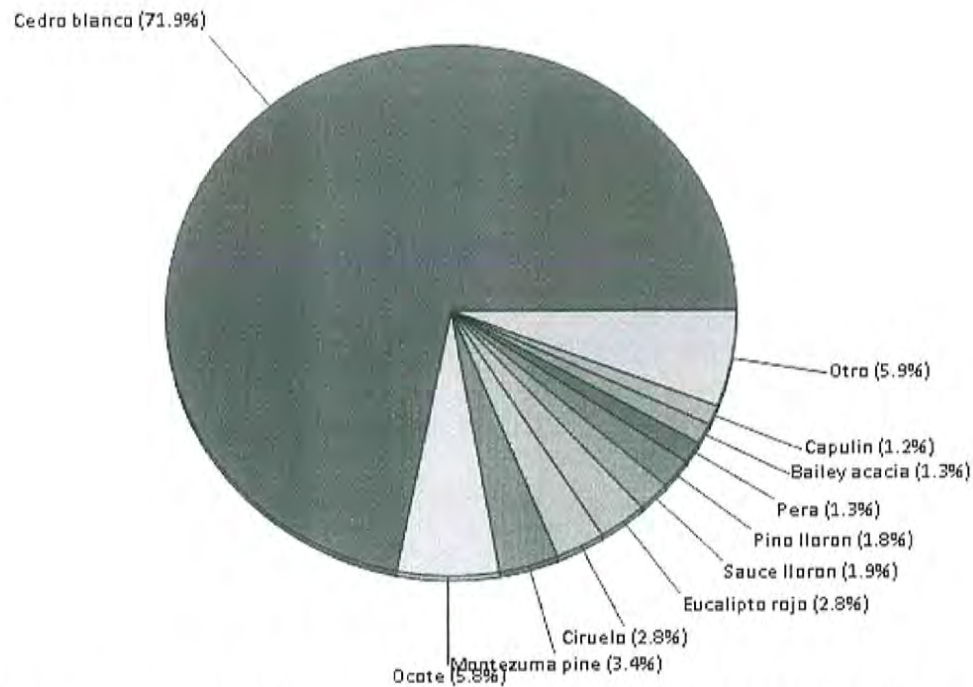


Figura 1. Composición de las especies de árboles en PARQUE METROPOLITANO

La densidad general en PARQUE METROPOLITANO es de 154 árboles/hectárea (consultar el Apéndice III para valores comparables de otras ciudades). Para proyectos estratificados, las densidades más altas de árboles en PARQUE METROPOLITANO suceden en Zona6 seguido por Zona3 y Zona5.

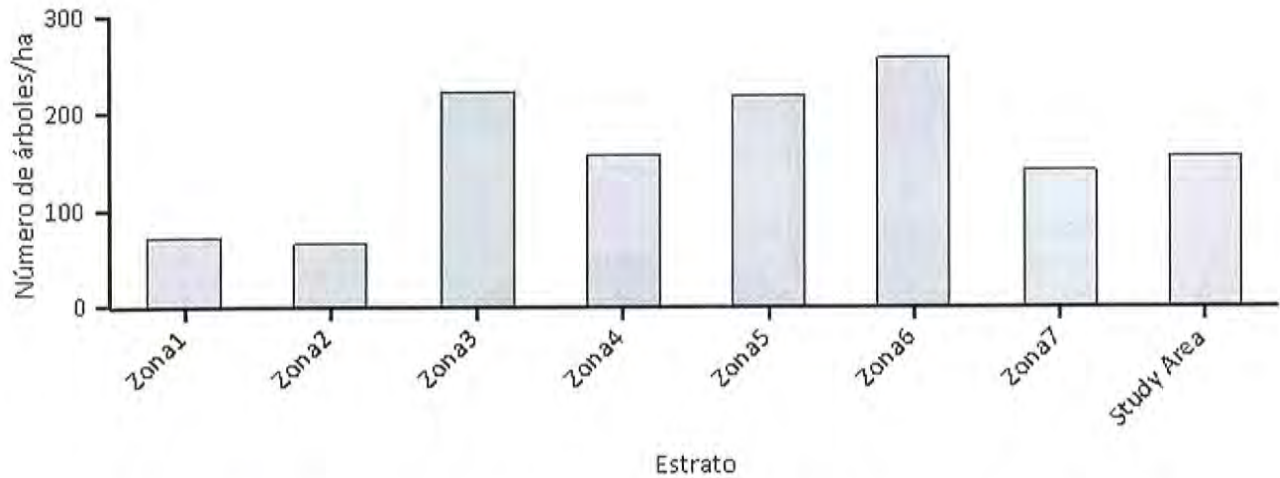


Figura 2. Número de árboles/ha en PARQUE METROPOLITANO por estrato

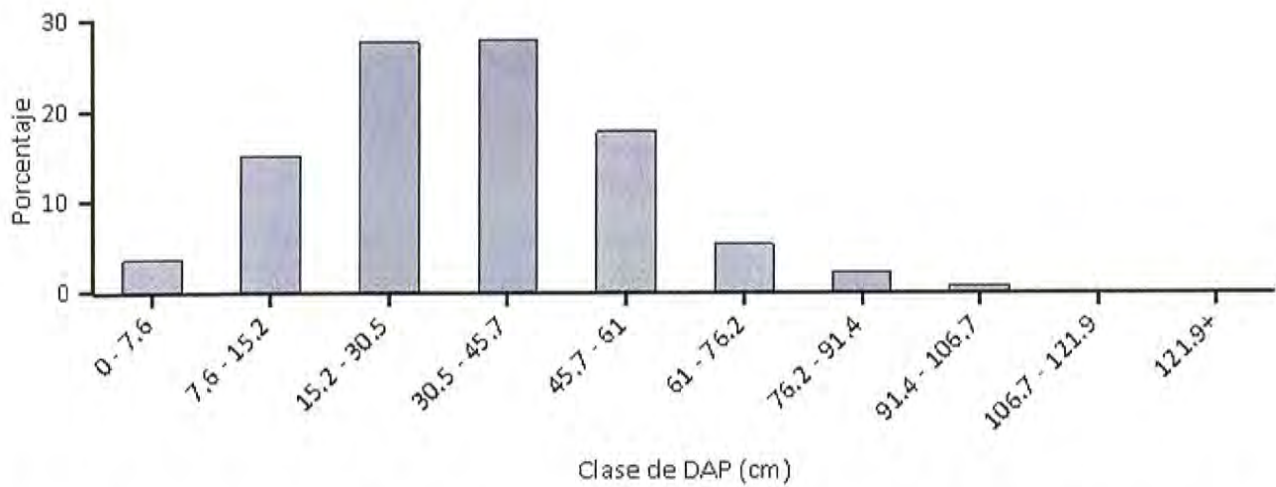


Figura 3. Porcentaje de la población de árboles por clase de diámetro (DAP - diámetro del tronco a 1.37 metros)

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 PARQUE METROPOLITANO, casi el 8 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 (72 por ciento de las especies).

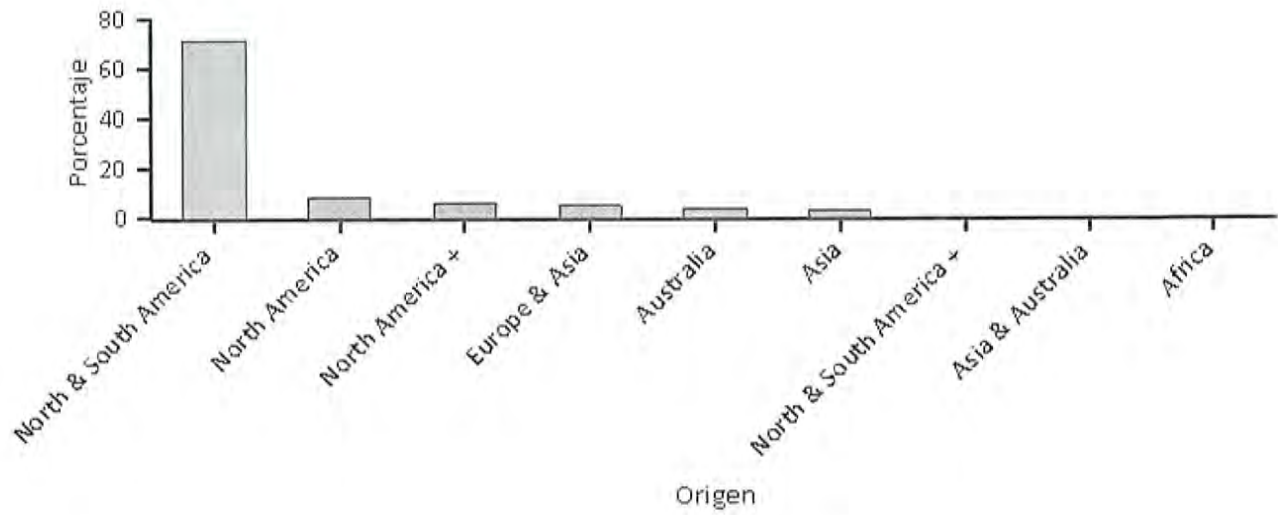


Figura 4. Porcentaje de la población de árboles vivos por área de origen, PARQUE METROPOLITANO

El símbolo (+) indica que la especie de árbol es originaria de otro continente que no aparece en la lista de la agrupación.

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.

II. 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 69 porcentaje de PARQUE METROPOLITANO y proporcionan 59.78 hectáreas del área de las hojas. El área total de las hojas es mayor en Zona5 seguido por Zona3 y Zona6..

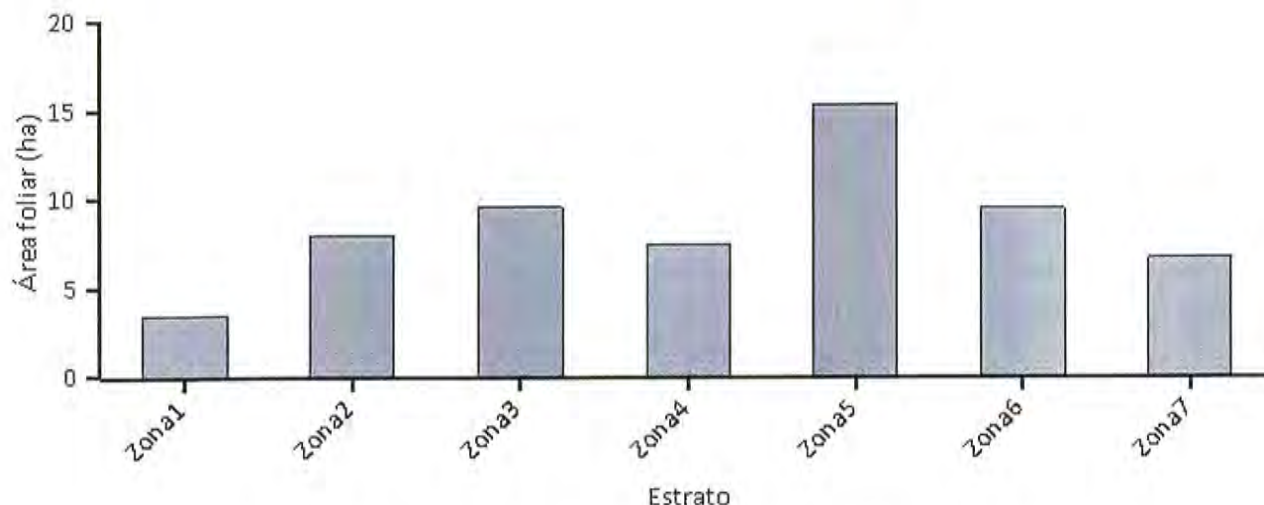


Figura 5. Área de las hojas por estrato, PARQUE METROPOLITANO

En PARQUE METROPOLITANO, la especie más dominante en términos de área de las hojas son Cedro blanco, Eucalipto rojo, y Ocote. La 10 especie con los valores de importancia más altos son enumerados en la Tabla 1. Los valores de importancia (VI) 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 PARQUE METROPOLITANO

Nombre de la especie	Porcentaje población	Porcentaje del área de las hojas	IV
Cedro blanco	71.9	82.7	154.6
Ocote	5.8	2.9	8.6
Eucalipto rojo	2.8	3.4	6.1
Montezuma pine	3.4	2.7	6.1
Ciruelo	2.8	1.0	3.8
Pino lloron	1.8	1.4	3.2
Sauce lloron	1.9	0.6	2.4
Bailey acacia	1.3	0.6	1.9
Pera	1.3	0.5	1.8
Fresno	0.7	1.0	1.7

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

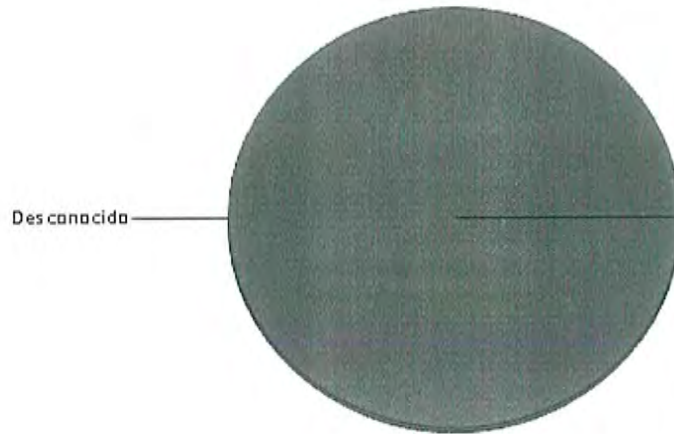


Figura 6. Porcentaje de terreno por clases de cobertura del suelo, PARQUE METROPOLITANO

III. 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. 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 PARQUE METROPOLITANO 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 1.124 toneladas métricas de la contaminación del aire (ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), material particulado menor a 2.5 micrones (PM_{2.5})², y dióxido de sulfuro (SO₂)) por año con un valor asociado de Mex\$1.15 millón (para más detalles ver el Apéndice I).

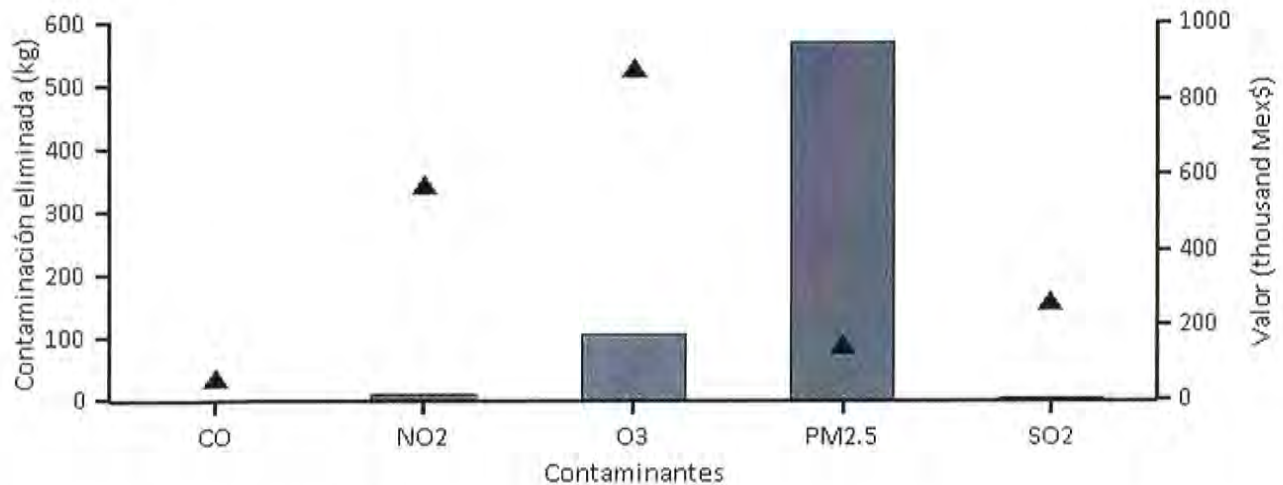


Figura 7. Eliminación anual de la contaminación (puntos) y valor (barras) por árboles urbanos, PARQUE METROPOLITANO

¹ El material particulado menor a 10 micrones es un contaminante del aire importante. Dado que i-Tree Eco analiza material particulado menor a 2.5 micrones (PM_{2.5}) el cual es una subserie de PM₁₀, PM₁₀ no se incluye en este análisis. PM_{2.5} por lo general es más relevante en las discusiones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud humana.

² Los árboles eliminan PM_{2.5} cuando el material particulado se deposita en la superficie de las hojas. Este PM_{2.5} depositado puede volver a suspenderse en la atmósfera o eliminarse durante las lluvias y disolverse o transferirse al suelo. La combinación de eventos puede conducir a una eliminación y valor de la contaminación positiva o negativa según los diferentes factores atmosféricos (para más detalles ver el Apéndice I).

En 2019, los árboles en PARQUE METROPOLITANO emiten aproximadamente 314.5 kilogramos de los compuestos orgánicos volátiles (COV) (97.65 kilogramos de isopreno y 216.9 kilogramos de monoterpenos). 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. Ochenta- uno por ciento de las emisiones de COV del bosque urbano fueron de Cedro blanco y Eucalipto rojo. Estos COV son sustancias químicas precursoras de la formación de ozono.³

En el Apéndice VIII se brindan recomendaciones generales para mejorar la calidad del aire con árboles.

³ Algunos estudios económicos han calculado los costos de las emisiones de los COV. Dichos costos no se incluyen aquí ya que existe la tendencia de añadir cálculos positivos de dólares de los efectos de la eliminación del ozono con los valores negativos de dólares de los efectos de la emisión de COV para determinar si los efectos de los árboles son positivos o negativos con relación al ozono. La combinación de valores de dólares para determinar los efectos de los árboles no debe realizarse, sino que debe llevarse a cabo el cálculo de los efectos de los COV en la formación de ozono (p. ej., a través de modelos fotoquímicos) y compararse de manera directa con la eliminación de ozono por los árboles (p. ej., los efectos del ozono deben compararse directamente, no los cálculos de dólares). Además, las reducciones a la temperatura del aire por los árboles han demostrado reducir considerablemente las concentraciones de ozono (Cardelino y Chameides 1990; Nowak et al 2000), pero no se consideran en este análisis. El modelaje fotoquímico que integra los efectos de los árboles en la temperatura del aire, la eliminación de la contaminación, las emisiones de COV y las emisiones de las plantas eléctricas puede usarse para determinar el efecto general de los árboles en las concentraciones de ozono.

IV. 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 PARQUE METROPOLITANO árboles es casi 24.55 tonelada métrica del carbono por año con un valor asociado de Mex\$90.5 mil. Para más detalles de los métodos ver el Apéndice I.

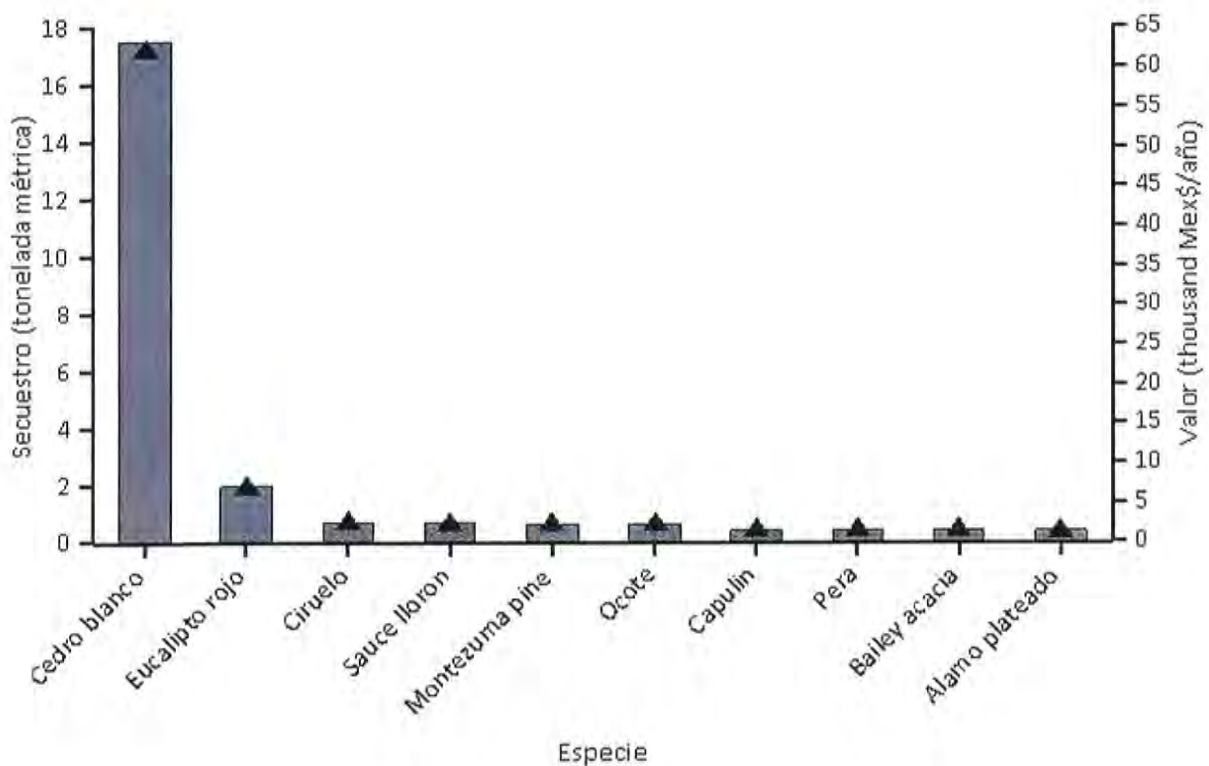


Figura 8. Secuestro bruto anual de carbono (puntos) y valor (barras) calculado para especies de árboles urbanos con el mayor secuestro, PARQUE METROPOLITANO

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 centrales eléctricas de combustibles fósiles o madereros.

Se calcula que los árboles en PARQUE METROPOLITANO almacenan 878 toneladas de carbono (Mex\$3.24 millón). De las especies muestreadas, Cedro blanco almacena y secuestra la mayor cantidad de carbono (aproximadamente 77.2% del total de carbono almacenado y 70% de todo el carbono secuestrado).

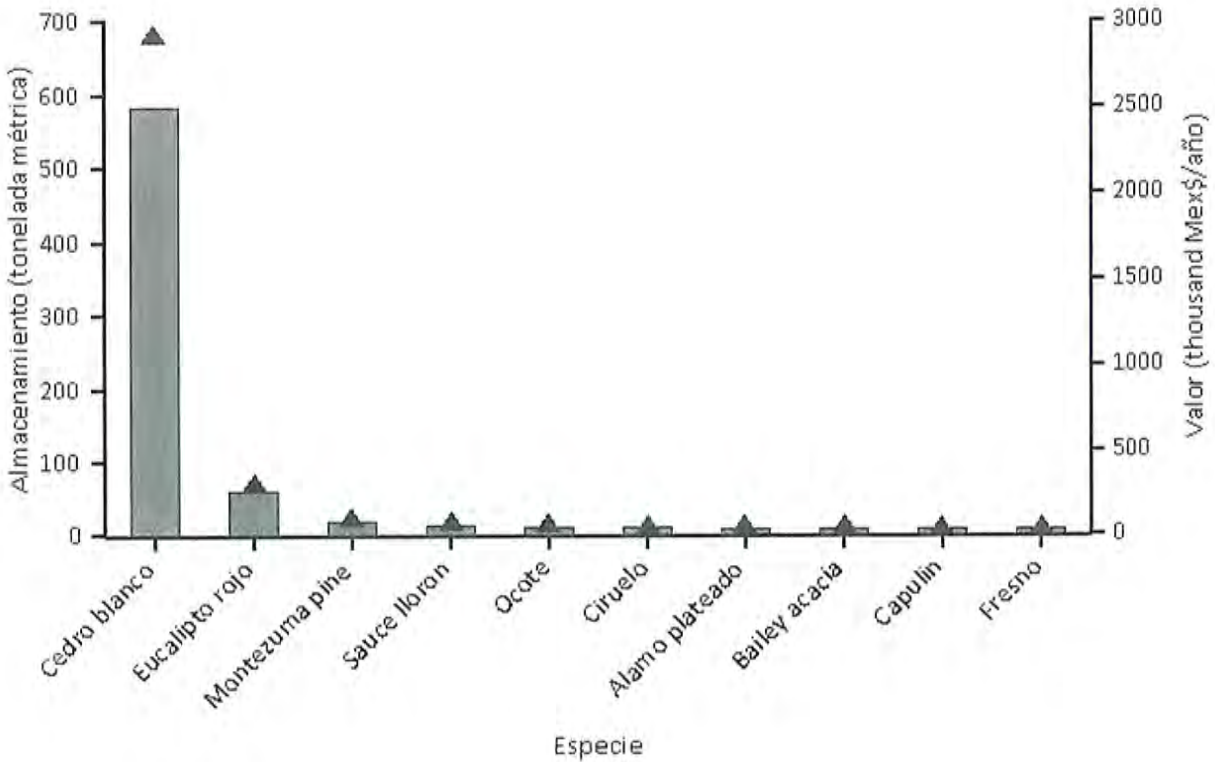


Figura 9. Almacenamiento de carbono calculado (puntos) y valores (barras) para especies de árboles urbanos con el mayor almacenamiento, PARQUE METROPOLITANO

V. Producción de oxígeno

La producción de oxígeno es uno de los beneficios de los árboles urbanos más comúnmente citados. La oxígeno 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 PARQUE METROPOLITANO producen 65.45 tonelada métrica 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 métrica)</i>	<i>Secuestro bruto de carbono (tonelada métrica/ año)</i>	<i>Número de árboles</i>	<i>Área foliar (hectárea)</i>
Cedro blanco	45.85	17.19	2,178	49.46
Eucalipto rojo	5.06	1.90	84	2.01
Ciruelo	1.77	0.67	85	0.61
Sauce lloron	1.69	0.63	57	0.33
Montezuma pine	1.62	0.61	102	1.63
Ocote	1.61	0.60	175	1.71
Capulin	1.04	0.39	36	0.26
Pera	1.00	0.37	40	0.28
Bailey acacia	0.99	0.37	39	0.36
Alamo plateado	0.98	0.37	28	0.39
Fresno	0.80	0.30	22	0.58
Pino lloron	0.66	0.25	55	0.83
Netleaf oak	0.65	0.24	14	0.02
Trueno lila	0.39	0.15	19	0.23
Durazno	0.23	0.09	7	0.02
Alamo temblon	0.20	0.08	5	0.05
Casuarina	0.17	0.06	12	0.20
Manzano de flor	0.14	0.05	13	0.07
Tejocote	0.10	0.04	4	0.03
Acacia siamea	0.09	0.03	8	0.01

VI. Esgurrimiento evitado

El esgurrimiento superficial puede ser causa de preocupaci3n en muchas 1reas urbanas ya que puede contribuir a la contaminaci3n de arroyos, humedales, r3os, lagos y oc3anos. Durante los eventos de precipitaci3n, cierta cantidad se ve interceptada por la vegetaci3n (1rboles y matorrales) mientras que la otra alcanza el suelo. La cantidad de la precipitaci3n que llega al suelo y no se filtra se vuelve esgurrimiento superficial (Hirabayashi 2012). En las 1reas urbanas, la gran extensi3n de superficies impermeables aumenta la cantidad de esgurrimiento superficial.

Sin embargo, los 1rboles y matorrales urbanos son ben3ficos al reducir el esgurrimiento superficial. Los 1rboles y matorrales interceptan la precipitaci3n, mientras que sus sistemas de ra3ces promueven la infiltraci3n y el almacenamiento en el suelo. Los 1rboles y matorrales de PARQUE METROPOLITANO ayudan a reducir el esgurrimiento por casi 3.61 mil metros c3bicos al a1o con un valor asociado de Mex\$160 mil (para m1s detalles ver el Ap3ndice I). El esgurrimiento evitado se calcula en base al estado del tiempo de la localidad de la estaci3n meteorol3gica designada por el usuario. En PARQUE METROPOLITANO, la precipitaci3n anual total en 2015 fue 87.5 cent3metros.

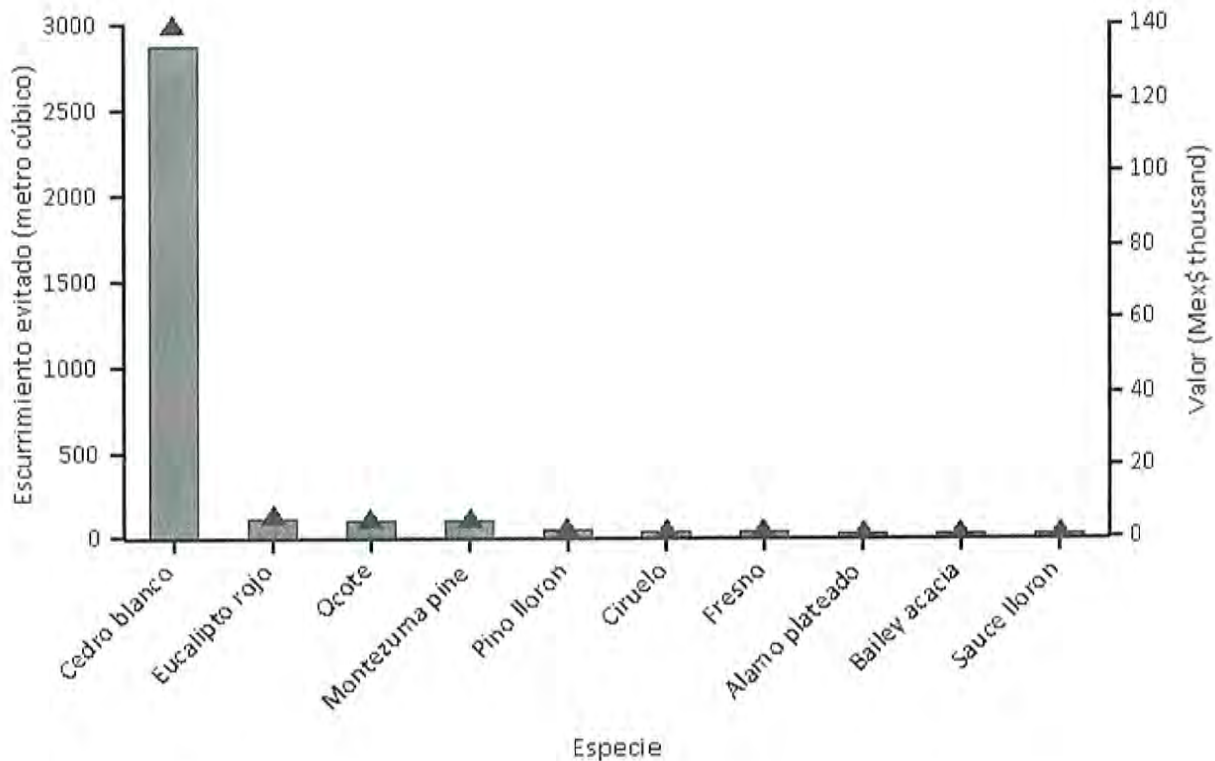


Figura 10. Esgurrimiento evitado (puntos) y valor (barras) para las especies con mayor impacto general en el esgurrimiento PARQUE METROPOLITANO

VII. Uso de la energía de árboles y edificios

Los árboles afectan el consumo de energía al dar sombra a los edificios, proporcionar un enfriamiento evaporativo y al obstruir los vientos de invierno. Los árboles tienden a reducir el consumo de energía de los edificios durante los meses de verano y pueden aumentar o disminuir el uso de la energía del edificio en los meses de invierno, según el lugar de los árboles alrededor del edificio. Los cálculos de los efectos de los árboles en el uso de la energía se basan en las mediciones de campo de la distancia y la dirección de los árboles a los edificios residenciales condicionados al espacio (McPherson y Simpson 1999).

Debido a que no se recopilaron datos relacionados con la energía, no pueden calcularse los ahorros de energía y al carbono evitado.

Tabla 3. Ahorros anuales de energía por árboles cercanos a edificios residenciales, PARQUE METROPOLITANO

	<i>Calefacción</i>	<i>Refrigeración</i>	<i>Total</i>
MBTU ^a	0	N/A	0
MWH ^b	0	0	0
Carbono evitado (kilogramos)	0	0	0

^aMBTU - un millón de unidades térmica británica

^bMWH - megavatio-hora

Tabla 4. Ahorros anuales ^a(Mex\$) en gastos de energía residencial durante las temporadas de calefacción y enfriamiento, PARQUE METROPOLITANO

	<i>Calefacción</i>	<i>Refrigeración</i>	<i>Total</i>
MBTU ^b	0	N/A	0
MWH ^c	0	0	0
Carbono evitado	0	0	0

^aCon base en los precios de Mex\$1910 por MWH y Mex\$0 por MBTU (ver Apéndice I para más detalles)

^bMBTU - un millón de unidades térmica británica

^cMWH - megavatio-hora

³ Los árboles modifican el clima, producen sombra y reducen la velocidad de los vientos. El aumento en el uso de la energía o los costos se deben en gran medida a estas interacciones entre los árboles y edificios creando un efecto enfriador durante la temporada de invierno. Por ejemplo, un árbol (particularmente de una especie siempre verde) localizado en el lado sur de un edificio residencial puede producir un efecto de sombra que ocasiona un aumento en las necesidades de calefacción.

VIII. 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 2002a). Los valores funcionales anuales también tienden a aumentar con un mayor número y tamaño de árboles saludables. A través de un manejo adecuado, los valores del bosque urbano pueden aumentarse; sin embargo, los valores y los beneficios también pueden disminuir conforme la cantidad de cobertura de árboles saludables se reduce.

Los árboles urbanos en PARQUE METROPOLITANO tienen los siguientes valores estructurales:

- Valor estructural: Mex\$135 millón
- Almacenamiento de carbono: Mex\$3.24 millón

Los árboles urbanos en PARQUE METROPOLITANO tienen los siguientes valores funcionales anuales:

- Secuestro de carbono: Mex\$90.5 mil
- Ecurrimiento evitado: Mex\$162 mil
- Eliminación de la contaminación: Mex\$1.15 millón
- Costos de la energía y valores de la emisión de carbono: Mex\$0

(Nota: un valor negativo indica un aumento en el costo de la energía y el valor de la emisión de carbono)

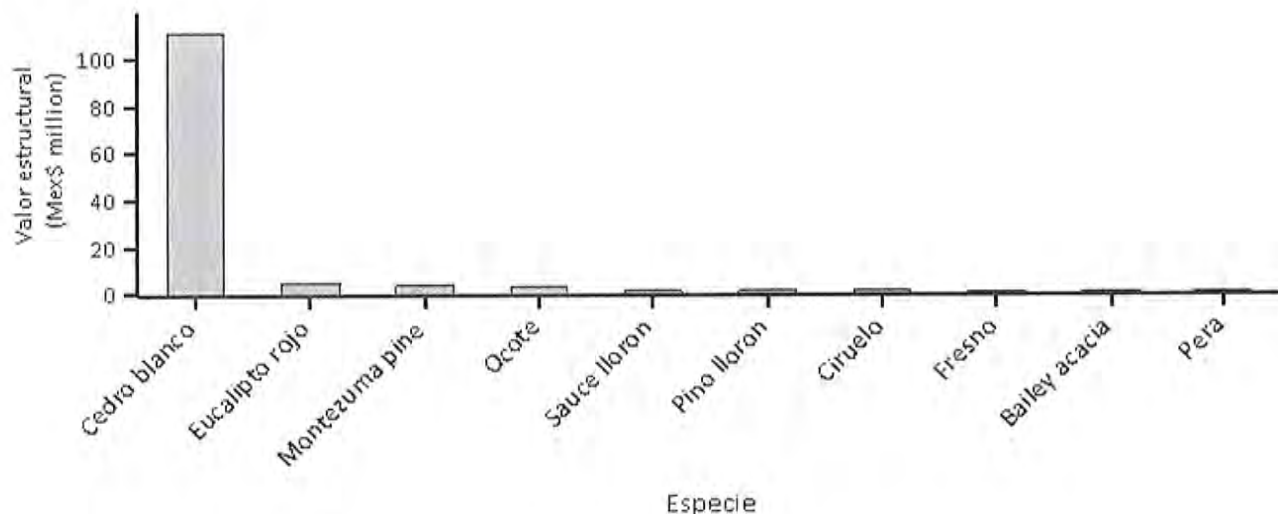


Figura 11. Especies de árboles con el mayor valor estructural, PARQUE METROPOLITANO

IX. Posibles impactos de las plagas

Varios insectos y enfermedades pueden infestar los bosques urbanos, potencialmente matando a los árboles y reduciendo la salud, el valor estructural y la sustentabilidad del bosque urbano. Ya que las plagas tienden a tener diferentes hospederos, el posible daño o riesgo de cada plaga será distinto entre las ciudades. Se analizaron treinta y seis plagas para su posible impacto.

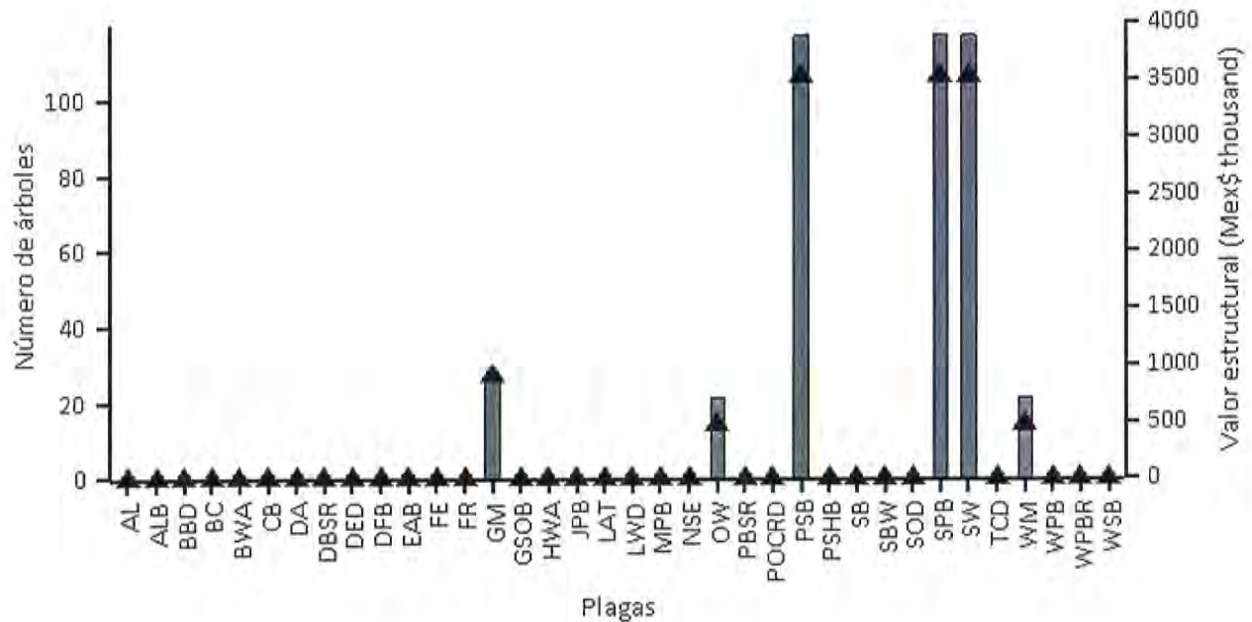


Figura 12. Número de árboles en riesgo (puntos) y valor de compensación relacionado (barras) por posibles plagas, PARQUE METROPOLITANO

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 noble. ALB presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PARQUE METROPOLITANO 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. PARQUE METROPOLITANO podría posiblemente perder por ciento de sus árboles a esta plaga (Mex\$0 en valor estructural).

Los huéspedes más comunes del hongo que ocasiona cancro del castaño (CB) (Diller 1965) son el castaño americano y el europeo. CB tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor estructural).

Antracnosis del Cornejo (DA) (Mielke y Daughtrey) es una enfermedad que afecta a las especies de cornejo, en particular en floración y del Pacífico. Esta enfermedad amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa posibles pérdidas de Mex\$0 en valor estructural.

La enfermedad de manchas negras en la raíz del abeto de Douglas (DBSR) (Hessburg et al 1995) es una variedad del hongo de mancha negra que ataca a los abetos. PARQUE METROPOLITANO podría posiblemente perder el 0.0 por ciento de sus árboles por esta plaga (Mex\$0 en valor estructural).

El olmo americano, uno de los árboles de la calle más importantes del siglo veinte, se ha visto devastado por la enfermedad holandesa del olmo (DED) (Silvicultura Estatal y Privada del Área del Noreste 1998). Desde que se reportó por primera vez en los años 30, ha eliminado a más del 50 por ciento de la población nativa de olmos en Estados Unidos. Aunque algunas especies de olmo han mostrado varios grados de resistencia, PARQUE METROPOLITANO podría perder 0.0 por ciento de sus árboles debido a esta plaga (Mex\$0 en valor estructural).

El escarabajo del abeto de Douglas (DFB) (Schmitz y Gibson 1996) es un escarabajo de corteza que infesta a los abetos de Douglas a lo largo de la parte occidente de Estados Unidos, la Columbia Británica y México. Las posibles pérdidas de los árboles debido a DFB es de 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor estructural).

El barrenador esmeralda del fresno (EAB) (Universidad Estatal de Michigan 2010) ha eliminado miles de fresnos en partes de Estados Unidos. EAB tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor estructural).

Una plaga común de los árboles de abeto blanco, abeto gigante y abeto rojo es el escarabajo del abeto (FE) (Ferrell 1986). FE presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PARQUE METROPOLITANO bosque urbano, lo que representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

La roya agalladora (FR) (Phelps y Czabator 1978) es una enfermedad micótica que se distribuye en el sur de Estados Unidos. Es particularmente dañina para el pino ellioti y pino taeda. FR tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor estructural).

La lagarta peluda (GM) (Silvicultura Estatal y Privada del Área del Noreste 2005) es una deshojadora que se alimenta de muchas especies ocasionando un deshoje generalizado y la muerte de los árboles si las condiciones del brote duran varios años. Esta plaga amenaza al 0.9 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$872 mil en valor estructural.

La infestación del barrenador del roble con manchas doradas (GSOB) (Sociedad de Silvicultores Americanos 2011) ha sido un problema creciente al sur de California. Las posibles pérdidas de los árboles debido al GSOB son de 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor estructural).

Como una de las plagas más dañinas del tsuga oriental o tsuga carolina, el pulgón lanoso del tsuga (HWA) (Servicio Forestal de EEUU 2005) ha jugado un papel principal en la mortalidad del tsuga en Estados Unidos. HWA tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor estructural).

El escarabajo del pino de Jeffrey (JPB) (Smith et al 2009) es nativo de Norteamérica y se distribuye a lo largo de California, Nevada y Oregón donde su único hospedero, el pino de Jeffrey, también se encuentra. Esta plaga amenaza

al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

El álamo temblón es el principal hospedero del deshojador, tórtrix del álamo temblón (LAT) (Ciesla y Kruse 2009). LAT presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PARQUE METROPOLITANO bosque urbano, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

La marchitez del laurel (LWD) (Servicio Forestal de EEUU 2011) es una enfermedad micótica que se introduce a los árboles hospederos por medio del escarabajo ambrosia del laurel rojo. Esta plaga amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

El escarabajo descortezador del pino (MPB) (Gibson et al 2009) es un escarabajo que ataca principalmente a las especies de pino en el occidente de Estados Unidos. MPB tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor estructural).

El escarabajo descortezador de picea (NSE) (Burnside et al 2011) ha tenido un impacto importante en los bosques boreales y subboreales de Norteamérica donde la distribución de la plaga coincide con la distribución de su principal hospedero. Las pérdidas potenciales de los árboles debido al NSE son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor estructural).

La marchitez del roble (OW) (Rexode y Brown 1983), ocasionada por un hongo, es una enfermedad prominente entre los robles. La OW presenta una amenaza al 0.5 por ciento del PARQUE METROPOLITANO bosque urbano, la cual representa una pérdida potencial de Mex\$703 mil en valor estructural.

La enfermedad de manchas negras en la raíz del pino (PBSR) (Hessburg et al 1995) es una variedad del hongo de mancha negra que ataca a los pinos nobles, incluyendo al pino de San Pedro Mártir, pino de Jeffrey y pino ponderosa. PARQUE METROPOLITANO podría perder posiblemente el 0.0 por ciento de sus árboles a esta plaga (Mex\$0 en valor estructural).

La enfermedad de raíz del falso ciprés de Lawson (POCRD) (Liebhold 2010) es una enfermedad de la raíz ocasionada por un hongo. La POCRD amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

El escarabajo de los brotes de pino (PSB) (Ciesla 2001) es un barrenador que ataca a varias especies de pino, aunque el pino silvestre es su hospedero preferido en Norteamérica. El PSB tiene el potencial de afectar al 3.5 por ciento de la población (Mex\$3.9 millón en valor estructural).

El escarabajo barrenador polífago (PSHB) (Universidad de California 2014) es un escarabajo que se detectó por primera vez en California. PARQUE METROPOLITANO podría posiblemente perder el 0.0 por ciento de sus árboles debido a esta plaga (Mex\$0 en valor estructural).

El escarabajo del pino (SB) (Holsten et al 1999) es un escarabajo de corteza que ocasiona una mortalidad importante a las especies de pino en su zona de distribución. Las pérdidas potenciales de los árboles debido al SB son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor estructural).

El parásito de las yemas de picea (SBW) (Kucera y Orr 1981) es un insecto que ocasiona daños graves al abeto balsámico. El SBW presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PARQUE METROPOLITANO bosque urbano, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

La muerte súbita del roble (SOD) (Kliejunas 2005) es una enfermedad ocasionada por un hongo. Las pérdidas potenciales de los árboles debido a SOD son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor estructural).

Aunque el gorgojo descortezador del pino (SPB) (Clarke y Nowak 2009) ataca a la mayoría de las especies de pino, su

hospedero preferido es el taeda, Virginia, capulín, picea, pino de hoja corta y pino de arena. Esta plaga amenaza al 3.5 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$3.9 millón en valor estructural.

La avispa de la madera del pino (SW) (Haugen y Hoebeke 2005) es un barrenador que ataca principalmente a las especies de pino. La SW presenta una amenaza al 3.5 por ciento del PARQUE METROPOLITANO bosque urbano, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$3.9 millón en valor estructural.

La enfermedad de mil canchales del Nogal (TCD) (Cranshaw y Tisserat 2009; Seybold et al 2010) es un complejo de enfermedad e insecto que mata a varias especies de nogal, incluyendo al nogal negro. Las pérdidas potenciales de los árboles debido a TCD son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor estructural).

La polilla de invierno (WM) (Childs 2011) es una plaga con una amplia distribución de especies hospederas. La WM ocasiona los niveles más altos de daño a sus hospederos cuando se encuentra en la etapa de oruga. PARQUE METROPOLITANO podría posiblemente perder el 0.5 por ciento de sus árboles por esta plaga (Mex\$703 mil en valor estructural).

El escarabajo occidental del pino (WPB) (DeMars y Roettgering 1982) es un escarabajo de corteza de ataque agresivo de los pinos ponderosa y Coulter. La plaga amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

Desde su introducción a Estados Unidos en 1900, el moho ampolla de pino blanco (oriente de EEUU) (WPBR) (Nicholls y Anderson 1977) ha tenido un efecto perjudicial en los pinos blancos, en particular en la región de los Grandes Lagos. El WPBR tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor estructural).

El parásito occidental de las yemas de picea (WSB) (Fellin y Dewey 1986) es un insecto que ocasiona el deshoje en las coníferas occidentales. La plaga amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor estructural.

Apéndice I. Modelo y mediciones de campo de i-Tree Eco

i-Tree Eco está diseñado para usar datos de campo estandarizados 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.

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.

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.

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.

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 (Baldocchi 1988; Baldocchi et al 1987). Ya que la eliminación de monóxido de carbono y material particulado por la vegetación no está directamente relacionada con 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 et al 2011; Hirabayashi et al 2012; Hirabayashi 2011).

Los árboles eliminan PM2.5 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 PM2.5 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.

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 et al 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 et al 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\$334,272 por tonelada métrica (ozono), Mex\$49,924 por tonelada métrica (dióxido de nitrógeno), Mex\$18,188 por tonelada métrica (dióxido de sulfuro), Mex\$11,603,809 por tonelada métrica (material particulado menor a 2.5 micrones).

Almacenamiento y secuestro de carbono:

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

El secuestro de carbono es 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.

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.

Para este análisis, los valores de almacenamiento y secuestro de carbono se calculan con base en Mex\$3,688 por tonelada métrica.

Producción de oxígeno:

La cantidad de oxígeno producido se calcula a partir del secuestro de carbono con base en los pesos atómicos: liberación neta de O₂ (kg/año) = secuestro neto de C (kg/año) x 32/12. Para calcular el índice de secuestro neto de carbono, la cantidad de carbono secuestrado como resultado del crecimiento del árbol se reduce por la cantidad perdida que resulta de la mortalidad del árbol. Por lo tanto, el secuestro neto de carbono y la producción anual neta de oxígeno del bosque urbano consideran la descomposición (Nowak et al 2007). Para proyectos de inventario completo, la producción de oxígeno se calcula a partir del secuestro bruto de carbono y no considera la descomposición.

Escurrimiento evitado:

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

El valor del escurrimiento evitado se basa en los valores locales calculados o los definidos por el usuario. Para reportes internacionales que no cuentan con valores locales, se utiliza el valor promedio nacional para Estados Unidos y se convierte al tipo de cambio local con tasas definidas por el usuario. El valor de EEUU para el escurrimiento evitado se basa en las Series del Manual de Árboles Comunitarios del Servicio Forestal de EEUU (McPherson et al 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2010; Peper et al 2009; 2010; Vargas et al 2007a; 2007b; 2008).

Para este análisis, el valor del escurrimiento evitado se calcula con base en el precio de Mex\$44.91 por m³.

Uso de energía de edificios:

Si se recopilaron los datos de campo correspondientes, los efectos estacionales de los árboles en el uso de la energía de edificios residenciales se calcularon con base en los procedimientos descritos en la literatura (McPherson y Simpson 1999) usando la distancia y dirección de los árboles a partir de las estructuras residenciales, la altura de los árboles y los datos de las condiciones de los mismos. Para calcular el valor monetario de los ahorros de energía, se usaron los precios locales o personalizados por MWH o MBTU.

Para este análisis, el valor del ahorro de energía se calcula con base en los precios de Mex\$1,910.00 por MWH y

Mex\$0.00 por MBTU.

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 árbol (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.

Posibles impactos de las plagas:

El análisis completo de posible riesgo de plagas no está disponible para estudios fuera de Estados Unidos. Se reporta el número analizado de árboles en riesgo a las plagas, aunque la lista de plagas se basa en insectos y enfermedades conocidas en Estados Unidos.

Para EEUU, el posible riesgo de plaga se basa en mapas de distribución de plagas y en las especies conocidas hospederas de plagas que posiblemente experimenten mortalidad. Se usaron 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).

Efectos de los árboles relacionados:

El valor relativo de los beneficios de los árboles reportado en el Apéndice II 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.

Las emisiones de carbono municipal se basan en las emisiones de carbono per cápita de EEUU 2010 (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.

Los índices de emisión de vehículos ligeros (g/mi) para CO, NO_x, COV, PM₁₀, SO₂ para 2010 (Buró de Estadística del Transporte 2010; Heirigs et al 2004), PM_{2.5} para 2011-2015 (Junta de Recursos del Aire de California 2013) y CO₂ para 2011 (Agencia de Protección Ambiental de EEUU 2010) se multiplicaron por las millas promedio conducidas por vehículo en 2011 (Administración Federal de Caminos 2013) para determinar las emisiones promedio por vehículo.

Las emisiones de las viviendas se basan en la electricidad promedio kWh utilizada, gas natural Btu utilizado, gasolina Btu utilizada, keroseno Btu utilizado, LPG Btu utilizado, y madera Btu utilizada por vivienda en 2009 (Administración de Información de Energía 2013; Administración de Información de Energía 2014)

- 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).

Apéndice II. Efectos de los árboles relacionados

El bosque urbano en PARQUE METROPOLITANO 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. Ver Apéndice I para las metodologías.

El almacenamiento de carbono equivale a:

- Cantidad de carbono emitido en PARQUE METROPOLITANO en 0 días
- Emisiones anuales de carbono (C) de 685 automóviles
- Emisiones anuales de C de 281 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 53 automóviles
- Emisiones anuales de dióxido de nitrógeno de 24 viviendas unifamiliares

La eliminación de dióxido de sulfuro equivale a:

- Emisiones anuales de dióxido de sulfuro de 1,800 automóviles
- Emisiones anuales de dióxido de carbono de 5 viviendas unifamiliares

El secuestro anual de carbono equivale a:

- Cantidad de carbono emitida en PARQUE METROPOLITANO en 0.0 días
- Emisiones anuales de C de 0 automóviles
- Emisiones anuales de C de 0 viviendas unifamiliares

Apéndice III. Comparación de bosques urbanos

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.

I. Totales de ciudad para árboles

<i>Ciudad</i>	<i>% de cobertura de los árboles</i>	<i>Número de árboles</i>	<i>Almacenamiento de carbono (toneladas)</i>	<i>Secuestro de carbono (toneladas/año)</i>	<i>Eliminación de la contaminación (toneladas/año)</i>
Toronto, ON, Canada	26.6	10,220,000	1,108,000	46,700	1,905
Atlanta, GA	36.7	9,415,000	1,220,000	42,100	1,509
Los Angeles, CA	11.1	5,993,000	1,151,000	69,800	1,792
New York, NY	20.9	5,212,000	1,225,000	38,400	1,521
London, ON, Canada	24.7	4,376,000	360,000	12,500	370
Chicago, IL	17.2	3,585,000	649,000	22,800	806
Baltimore, MD	21.0	2,479,000	517,000	16,700	390
Philadelphia, PA	15.7	2,113,000	481,000	14,600	522
Washington, DC	28.6	1,928,000	477,000	14,700	379
Oakville, ON , Canada	29.1	1,908,000	133,000	6,000	172
Boston, MA	22.3	1,183,000	290,000	9,500	257
Syracuse, NY	26.9	1,088,000	166,000	5,300	99
Woodbridge, NJ	29.5	986,000	145,000	5,000	191
Minneapolis, MN	26.4	979,000	227,000	8,100	277
San Francisco, CA	11.9	668,000	176,000	4,600	128
Morgantown, WV	35.5	658,000	84,000	2,600	65
Moorestown, NJ	28.0	583,000	106,000	3,400	107
Hartford, CT	25.9	568,000	130,000	3,900	52
Jersey City, NJ	11.5	136,000	19,000	800	37
Casper, WY	8.9	123,000	34,000	1,100	34
Freehold, NJ	34.4	48,000	18,000	500	20

II. Totales por hectárea 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 (kg/ha/año)</i>
Toronto, ON, Canada	160.4	17.4	0.73	29.9
Atlanta, GA	275.8	35.7	1.23	44.2
Los Angeles, CA	48.4	9.4	0.36	14.7
New York, NY	65.2	15.3	0.48	19.0
London, ON, Canada	185.5	15.3	0.53	15.7
Chicago, IL	59.9	10.9	0.38	13.5
Baltimore, MD	118.5	25.0	0.80	18.6
Philadelphia, PA	61.9	14.1	0.43	15.3
Washington, DC	121.1	29.8	0.92	23.8
Oakville, ON , Canada	192.9	13.4	0.61	12.4
Boston, MA	82.9	20.3	0.67	18.0
Syracuse, NY	167.4	23.1	0.77	15.2
Woodbridge, NJ	164.4	24.2	0.84	31.9
Minneapolis, MN	64.8	15.0	0.53	18.3
San Francisco, CA	55.7	14.7	0.39	10.7
Morgantown, WV	294.5	37.7	1.17	29.2
Moorestown, NJ	153.4	27.9	0.90	28.1
Hartford, CT	124.6	28.5	0.86	11.5
Jersey City, NJ	35.5	5.0	0.21	9.6
Casper, WY	22.5	6.2	0.20	6.2

<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 (kg/ha/año)</i>
Freehold, NJ	94.6	35.9	0.98	39.6

Apéndice IV. 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.

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 carbono
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 temperatura
Sembrar árboles en áreas contaminadas o muy pobladas	Maximiza los beneficios de la calidad del aire de los árboles
Evita especies sensibles a la contaminación	Mejora la salud del árbol
Utilizar árboles siempre verdes para material particulado	Eliminación de partículas durante todo el año

Apéndice V. Especies invasivas del bosque urbano

Los datos de las especies invasivas sólo están disponibles para Estados Unidos. Este análisis no puede llevarse a cabo para estudios internacionales debido a la falta de datos necesarios.

Apéndice VI. Posible riesgo de plagas

Los datos de distribución de las plagas sólo están disponibles para Estados Unidos. Este análisis no puede llevarse a cabo para estudios internacionales debido a la falta de datos necesarios.

References

- Abdollahi, K.K.; Ning, Z.H.; Appeaning, A., eds. 2000. Global climate change and the urban forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press. 77 p.
- Animal and Plant Health Inspection Service. 2010. Plant Health – Asian longhorned beetle. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service.
- Baldocchi, D. 1988. A multi-layer model for estimating sulfur dioxide deposition to a deciduous oak forest canopy. *Atmospheric Environment*. 22: 869-884.
- Baldocchi, D.D.; Hicks, B.B.; Camara, P. 1987. A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmospheric Environment*. 21: 91-101.
- Bidwell, R.G.S.; Fraser, D.E. 1972. Carbon monoxide uptake and metabolism by leaves. *Canadian Journal of Botany*. 50: 1435-1439.
- British Columbia Ministry of Water, Land, and Air Protection. 2005. Residential wood burning emissions in British Columbia. British Columbia.
- Broecker, W.S. 1970. Man's oxygen reserve. *Science* 168(3939): 1537-1538.
- Bureau of Transportation Statistics. 2010. Estimated National Average Vehicle Emissions Rates per Vehicle by Vehicle Type using Gasoline and Diesel. Washington, DC: Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Transportation. Table 4-43.
- Burnside, R.E.; Holsten, E. H.; Fettig, C.J.; Kruse, J. J.; Schultz, M.E.; Hayes, C.J.; Graves, A.D.; Seybold, S.J. 2011. Northern Spruce Engraver. Forest Insect & Disease Leaflet 180. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.
- California Air Resources Board. 2013. Methods to Find the Cost-Effectiveness of Funding Air Quality Projects. Table 3 Average Auto Emission Factors. CA: California Environmental Protection Agency, Air Resources Board.
- Carbon Dioxide Information Analysis Center. 2010. CO₂ Emissions (metric tons per capita). Washington, DC: The World Bank.
- Cardelino, C.A.; Chameides, W.L. 1990. Natural hydrocarbons, urbanization, and urban ozone. *Journal of Geophysical Research*. 95(D9): 13,971-13,979.
- Childs, R. 2011. Winter Moth Identification and Management. Amherst, MA: University of Massachusetts Amherst, Landscape, Nursery & Urban Forestry Program.
- Ciesla, W. M. 2001. *Tomicus piniperda*. North American Forest Commission. Exotic Forest Pest Information System for North America (EXFOR).
- Ciesla, W. M.; Kruse, J. J. 2009. Large Aspen Tortrix. Forest Insect & Disease Leaflet 139. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.
- Clarke, S. R.; Nowak, J.T. 2009. Southern Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 49. Washington, DC: U.S.

Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Cranshaw, W.; Tisserat, N. 2009. Walnut twig beetle and the thousand cankers disease of black walnut. Pest Alert. Ft. Collins, CO: Colorado State University.

Seybold, S.; Haugen, D.; Graves, A. 2010. Thousand Cankers Disease. Pest Alert. NA-PR-02-10. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.

DeMars, C. J., Jr.; Roettgering, B. H. 1982. Western Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 1. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Diller, J. D. 1965. Chestnut Blight. Forest Pest Leaflet 94. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 7 p.

Eastern Forest Environmental Threat Assessment Center. Dutch Elm Disease. <http://threatsummary.forestthreats.org/threats/threatSummaryViewer.cfm?threatID=43>

Energy Information Administration. 1994. Energy Use and Carbon Emissions: Non-OECD Countries. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Energy Information Administration. 2013. CE2.1 Fuel consumption totals and averages, U.S. homes. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Energy Information Administration. 2014. CE5.2 Household wood consumption. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Federal Highway Administration. 2013. Highway Statistics 2011. Washington, DC: Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Table VM-1.

Fellin, D. G.; Dewey, J. E. 1986. Western Spruce Budworm. Forest Insect & Disease Leaflet 53. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 10 p.

Ferrell, G. T. 1986. Fir Engraver. Forest Insect & Disease Leaflet 13. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Georgia Forestry Commission. 2009. Biomass Energy Conversion for Electricity and Pellets Worksheet. Dry Branch, GA: Georgia Forestry Commission.

Gibson, K.; Kegley, S.; Bentz, B. 2009. Mountain Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 2. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.

Haugen, D. A.; Hoebeke, R. E. 2005. Sirex woodwasp - *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Pest Alert. NA-PR-07-05. Newtown Square, PA: Department of Agriculture, Forest Service, Northern Area State and Private Forestry.

Heirigs, P.L.; Delaney, S.S.; Dulla, R.G. 2004. Evaluation of MOBILE Models: MOBILE6.1 (PM), MOBILE6.2 (Toxics), and MOBILE6/CNG. Sacramento, CA: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

Hessburg, P. F.; Goheen, D. J.; Bega, R.V. 1995. Black Stain Root Disease of Conifers. Forest Insect & Disease Leaflet 145. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Hessburg, P. F.; Goheen, D. J.; Bega, R.V. 1995. Black Stain Root Disease of Conifers. Forest Insect & Disease Leaflet

145. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Hirabayashi, S. 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%20enhancements.pdf)

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

Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2011. Component-based development and sensitivity analyses of an air pollutant dry deposition model. *Environmental Modeling and Software*. 26(6): 804-816.

Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2012. i-Tree Eco Dry Deposition Model Descriptions V 1.0

Holsten, E.H.; Thier, R.W.; Munson, A.S.; Gibson, K.E. 1999. The Spruce Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 127. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.

Houston, D. R.; O'Brien, J. T. 1983. Beech Bark Disease. Forest Insect & Disease Leaflet 75. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. 2015. Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/scc-tds-final-july-2015.pdf>

Kliejunas, J. 2005. *Phytophthora ramorum*. North American Forest Commission. Exotic Forest Pest Information System for North America (EXFOR).

Kruse, J.; Ambourn, A.; Zogas, K. 2007. Aspen Leaf Miner. Forest Health Protection leaflet. R10-PR-14. Juneau, AK: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Alaska Region.

Kucera, D. R.; Orr, P. W. 1981. Spruce Budworm in the Eastern United States. Forest Pest Leaflet 160. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Layton, M. 2004. 2005 Electricity Environmental Performance Report: Electricity Generation and Air Emissions. CA: California Energy Commission.

Leonardo Academy. 2011. Leonardo Academy's Guide to Calculating Emissions Including Emission Factors and Energy Prices. Madison, WI: Leonardo Academy Inc.

Liebhold, A. 2010 draft. Personal communication on the geographic distribution of forest pest species.

Lovett, G.M. 1994. Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective. *Ecological Applications*. 4: 629-650.

McPherson, E.G.; Maco, S.E.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; VanDerZanden, A.M.; Bell, N. 2002. Western Washington and Oregon Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting. International Society of Arboriculture, Pacific Northwest, Silverton, OR.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R. 1999. Carbon dioxide reduction through urban forestry: guidelines for professional and volunteer tree planters. Gen. Tech. Rep. PSW-171. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 237 p.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Crowell, A.M.N.; Xiao, Q. 2010. Northern California coast community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-228. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-228. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Maco, S.E.; Xiao, Q. 2006a. Coastal Plain Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting PSW-GTR-201. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Xiao, Q. 2007. Northeast community tree guide: benefits, costs, and strategic planting.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Gardner, S.L.; Cozad, S.K.; Xiao, Q. 2006b. Midwest Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting PSW-GTR-199. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Xiao, Q. 2006c. Piedmont Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting PSW-GTR 200. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Xiao, Q.; Mulrean, E. 2004. Desert Southwest Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting. Phoenix, AZ: Arizona Community Tree Council, Inc. 81 :81.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Scott, K.I.; Xiao, Q. 2000. Tree Guidelines for Coastal Southern California Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q. 1999. Tree Guidelines for San Joaquin Valley Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; Maco, S.E.; Hoefer, P.J. 2003. Northern Mountain and Prairie Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; Pittenger, D.R.; Hodel, D.R. 2001. Tree Guidelines for Inland Empire Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.

Michigan State University. 2010. Emerald ash borer. East Lansing, MI: Michigan State University [and others].

Mielke, M. E.; Daughtrey, M. L. How to Identify and Control Dogwood Anthracnose. NA-GR-18. Broomall, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area and Private Forestry.

Murray, F.J.; Marsh L.; Bradford, P.A. 1994. New York State Energy Plan, vol. II: issue reports. Albany, NY: New York State Energy Office.

Nicholls, T. H.; Anderson, R. L. 1977. How to Identify White Pine Blister Rust and Remove Cankers. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry

Northeastern Area State and Private Forestry. 1998. How to identify and manage Dutch Elm Disease. NA-PR-07-98. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.

Northeastern Area State and Private Forestry. 2005. Gypsy moth digest. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.

Nowak, D.J. 1994. Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R.A., eds. Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project. Gen. Tech. Rep. NE-186. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 83-94.

Nowak, D.J. 1995. Trees pollute? A "TREE" explains it all. In: Proceedings of the 7th National Urban Forestry Conference. Washington, DC: American Forests: 28-30.

Nowak, D.J. 2000. The interactions between urban forests and global climate change. In: Abdollahi, K.K.; Ning, Z.H.; Appeaning, A., eds. Global Climate Change and the Urban Forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press: 31-44.

Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Greenfield, E. 2014. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*. 193:119-129.

Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Hoehn, R. 2013. Modeled PM2.5 removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*. 178: 395-402.

Nowak, D.J.; Civerolo, K.L.; Rao, S.T.; Sistla, S.; Luley, C.J.; Crane, D.E. 2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmospheric Environment*. 34: 1601-1613.

Nowak, D.J.; Crane, D.E. 2000. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: quantifying urban forest structure and functions. In: Hansen, M.; Burk, T., eds. Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century. Proceedings of IUFRO conference. Gen. Tech. Rep. NC-212. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station: 714-720.

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

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Hoehn, R.E. 2005. The urban forest effects (UFORE) model: field data collection manual. V1b. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, 34 p. http://www.fs.fed.us/ne/syracuse/Tools/downloads/UFORE_Manual.pdf

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Ibarra, M. 2002b. Brooklyn's urban forest. Gen. Tech. Rep. NE-290. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 107 p.

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

Nowak, D.J.; Hoehn, R.; Crane, D. 2007. Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture & Urban Forestry*. 33(3):220-226.

Nowak, D.J.; Hoehn, R.E.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Walton, J.T; Bond, J. 2008. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. *Arboriculture and Urban Forestry*. 34(6): 347-358.

Nowak, D.J.; Stevens, J.C.; Sisinni, S.M.; Luley, C.J. 2002c. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*. 28(3): 113-122.

Ostry, M.E.; Mielke, M.E.; Anderson, R.L. 1996. How to Identify Butternut Canker and Manage Butternut Trees. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station.

Peper, P.J.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Albers, S.N.; Xiao, Q. 2010. Central Florida community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-230. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

Peper, P.J.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Vargas, K.E.; Xiao Q. 2009. 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 Southwest Research Station, Albany, CA.

Phelps, W.R.; Czabator, F.L. 1978. Fusiform Rust of Southern Pines. Forest Insect & Disease Leaflet 26. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 7 p.

Rexrode, C. O.; Brown, H. D. 1983. Oak Wilt. Forest Insect & Disease Leaflet 29. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 6 p.

Schmitz, R. F.; Gibson, K. E. 1996. Douglas-fir Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 5. R1-96-87. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Smith, S. L.; Borys, R. R.; Shea, P. J. 2009. Jeffrey Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 11. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Society of American Foresters. 2011. Gold Spotted Oak Borer Hitches Ride in Firewood, Kills California Oaks. Forestry Source 16(10): 20.

U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA-420-R-10-012a

U.S. Environmental Protection Agency. 2015. The social cost of carbon. <http://www.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/scc.html>

U.S. Forest Service. 2005. Hemlock Woolly Adelgid. Pest Alert. NA-PR-09-05. Newtown Square, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Area State and Private Forestry.

U.S. Forest Service. 2011. Laurel Wilt. Atlanta, GA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Health Protection, Southern Region.

University of California. 2014. Polphagous Shot Hole Borer. Sacramento, CA: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.

van Essen, H.; Schroten, A.; Otten, M.; Sutter, D.; Schreyer, C.; Zandonella, R.; Maibach, M.; Doll, C. 2011. External Costs of Transport in Europe. Netherlands: CE Delft. 161 p.

Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2007a. Interior West Tree Guide.

Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2007b. Temperate Interior West Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting.

Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2008. Tropical community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-216. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-216. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

Worrall, J.J. 2007. Chestnut Blight. Forest and Shade Tree Pathology.

http://www.forestpathology.org/dis_chestnut.html

Zinke, P.J. 1967. Forest interception studies in the United States. In: Sopper, W.E.; Lull, H.W., eds. Forest Hydrology. Oxford, UK: Pergamon Press: 137-161.

i-Tree

Análisis del ecosistema

PAB



Efectos y valores del bosque urbano
mayo 2022

Resumen

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 PAB se llevó a cabo durante 2022. Los datos de 11246 árboles localizados a lo largo de PAB se analizaron usando el modelo i-Tree Eco desarrollado por el Servicio Forestal de EEUU, Estación de Investigación del Norte.

- Número de árboles: 11,246
- Cobertura arborea: 42.3 %
- Especies más comunes de árboles: Ocote, Pino lloron, Cedro blanco
- Porcentaje de árboles menores a 6" (15.2 cm) de diámetro: 8.6 %
- Eliminación de la contaminación: 6.645 tonelada métrica/año (Mex\$6.37 millón/año)
- Almacenamiento de carbono: 3.591 thousand tonelada métrica (Mex\$3.12 millón)
- Secuestro de carbono: 81.8 tonelada métrica (Mex\$71.1 mil/año)
- Producción de oxígeno: 218.1 tonelada métrica/año
- Escurrimiento evitado: 14.58 thousand metro cúbico/año (Mex\$655 mil/año)
- Ahorros de energía de edificios: N/A – datos no recopilados
- Emisiones de carbono evitadas: N/A – datos no recopilados
- Valores de sustituciones: Mex\$367 millón

Tonelada: 1000 kilogramos

Los valores monetarios Mex\$ se reportan en Mexican Pesos a lo largo del reporte excepto donde se señala.

Los cálculos de los servicios del ecosistema se reportan para los árboles.

Para un panorama general de la metodología de i-Tree Eco, consultar el Apéndice I. La calidad de la recopilación de datos la determina los recolectores de datos de la localidad, sobre los que i-Tree no tiene control.

Índice

Resumen	2
I. Características de los árboles del bosque urbano	4
II. Cobertura del bosque urbano y área foliar.....	7
III. Eliminación de la contaminación del aire por árboles urbanos	9
IV. Almacenamiento y secuestro de carbono	11
V. Producción de oxígeno.....	13
VI. Ecurrimiento evitado	14
VII. Uso de la energía de árboles y edificios	15
VIII. Valores de sustitución y funcionales	16
IX. Posibles impactos de las plagas.....	17
Apéndice I. Modelo y mediciones de campo de i-Tree Eco	21
Apéndice II. Efectos de los árboles relacionados.....	26
Apéndice III. Comparación de bosques urbanos	27
Apéndice IV. Recomendaciones generales para el mejoramiento de la calidad del aire	28
Apéndice V. Especies invasivas del bosque urbano	29
Apéndice VI. Posible riesgo de plagas	30
References	31

I. Características de los árboles del bosque urbano

El bosque urbano de PAB tiene 11,246 árboles con una cobertura de árboles del 42.3 por ciento. Las tres especies más comunes son Ocote (35.7 por ciento), Pino lloron (26.9 por ciento) y Cedro blanco (23.7 por ciento).

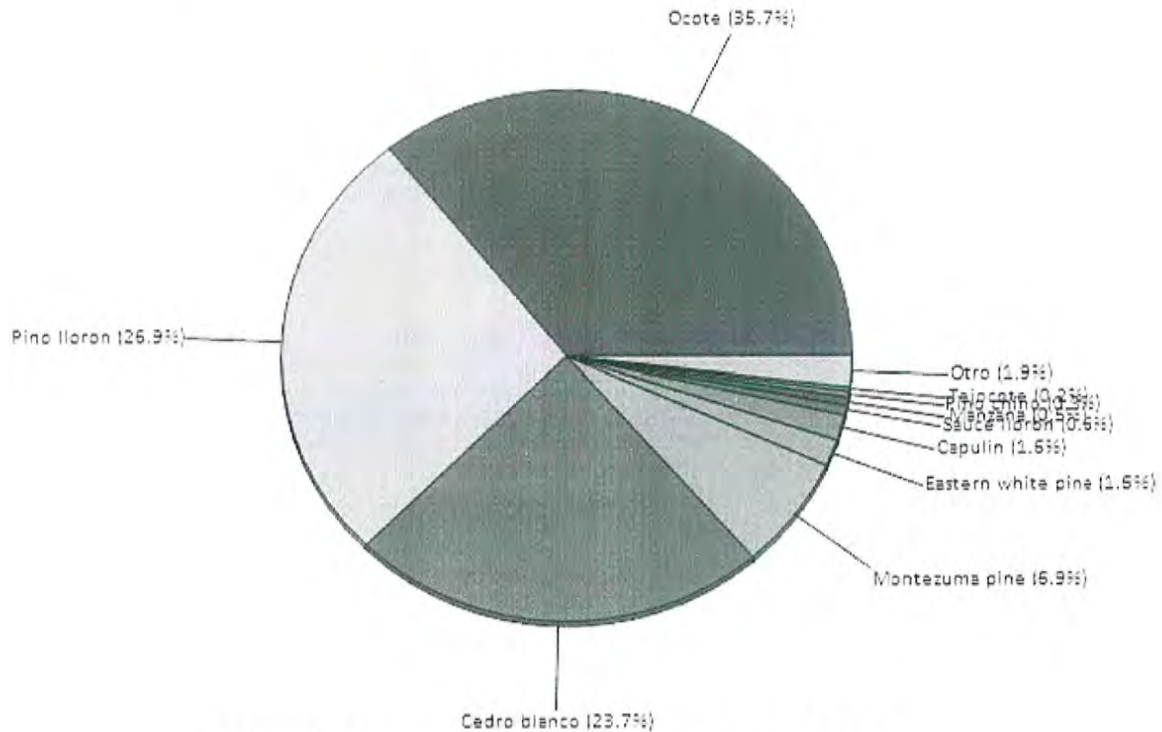


Figura 1. Composición de las especies de árboles en PAB

La densidad general en PAB es de 110 árboles/hectárea (consultar el Apéndice III para valores comparables de otras ciudades). Para proyectos estratificados, las densidades más altas de árboles en PAB suceden en 4 seguido por 8 y 2.

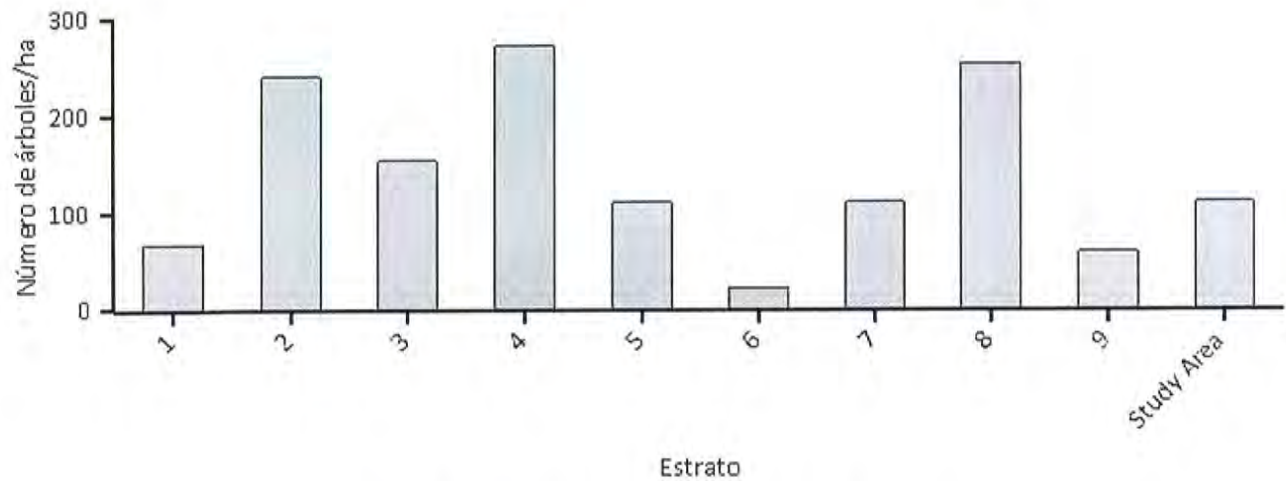


Figura 2. Número de árboles/ha en PAB por estrato

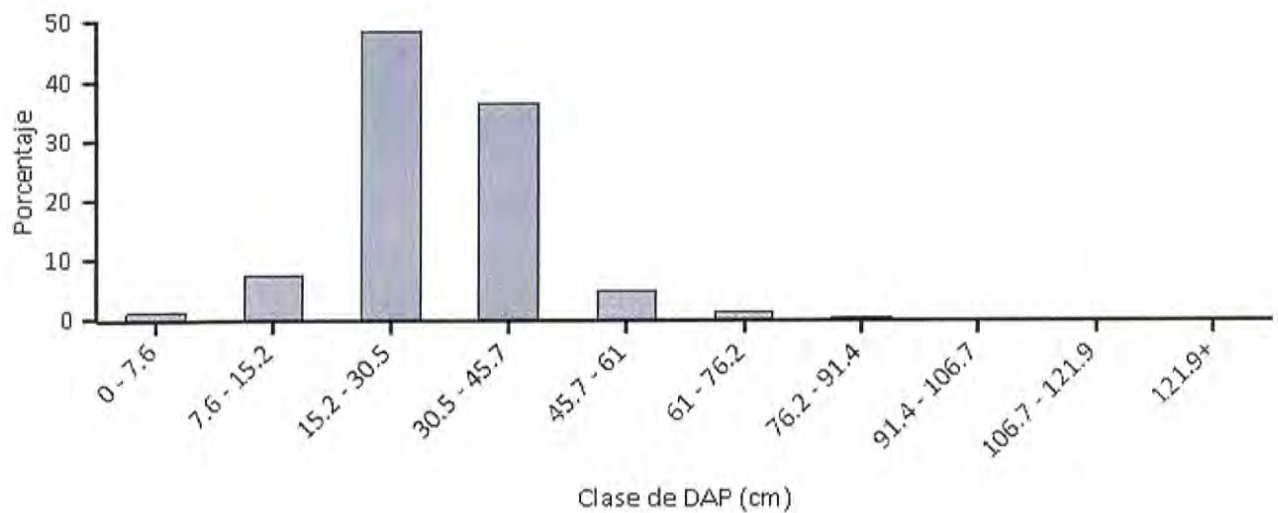


Figura 3. Porcentaje de la población de árboles por clase de diámetro (DAP - diámetro del tronco a 1.37 metros)

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 PAB, casi el 98 por ciento de los árboles son especies nativas de North America. La mayoría de las especies de árboles exóticos tienen un origen de Asia (1 por ciento de las especies).

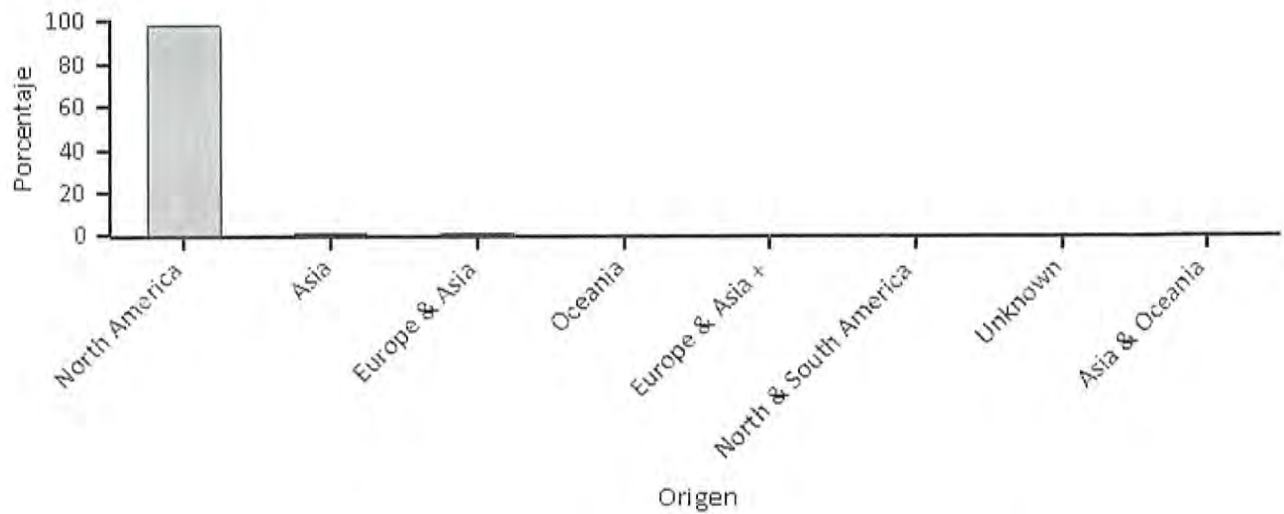


Figura 4. Porcentaje de la población de árboles vivos por área de origen, PAB

El símbolo (+) indica que la especie de árbol es originaria de otro continente que no aparece en la lista de la agrupación.

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.

II. 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 42 por ciento de PAB y proporcionan 334.4 hectáreas del área de las hojas. El área total de las hojas es mayor en 5 seguido por 3 y 7..

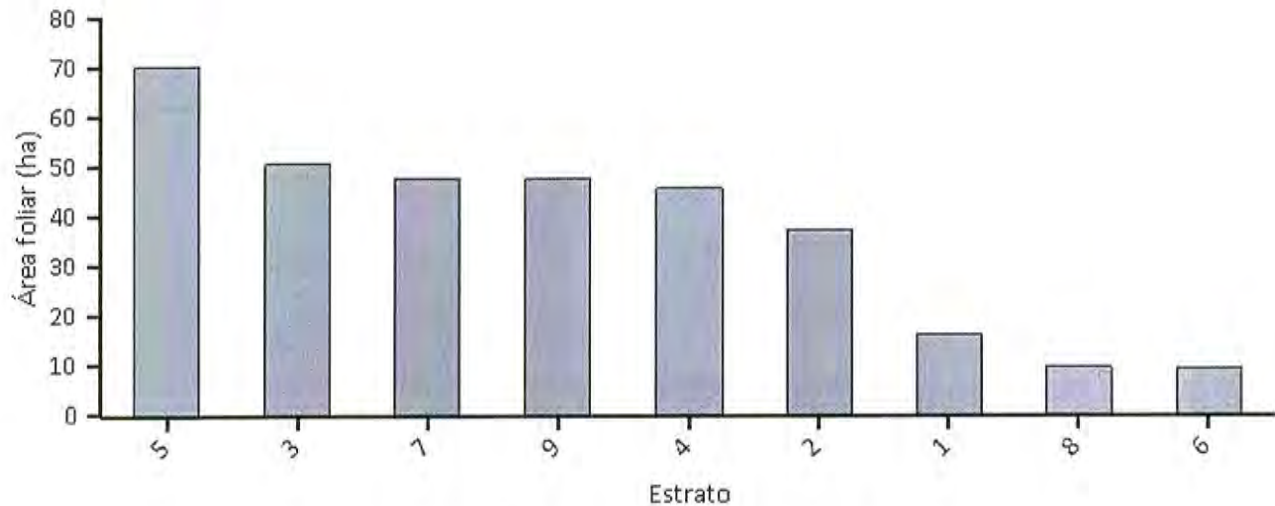


Figura 5. Área de las hojas por estrato, PAB

En PAB, la especie más dominante en términos de área de las hojas son Ocote, Cedro blanco, y Pino lloron. La 10 especie con los valores de importancia más altos son enumerados en la Tabla 1. Los valores de importancia (VI) 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 PAB

<i>Nombre de la especie</i>	<i>Porcentaje población</i>	<i>Porcentaje del área de las hojas</i>	<i>IV</i>
Ocote	35.7	33.1	68.8
Cedro blanco	23.7	31.2	54.9
Pino lloron	26.9	27.6	54.5
Montezuma pine	6.9	4.8	11.7
Eastern white pine	1.6	1.3	3.0
Capulin	1.6	0.4	2.0
Sauce lloron	0.6	0.6	1.2
Pino chino	0.3	0.3	0.6
Manzana	0.5	0.0	0.5
Tejocote	0.2	0.0	0.3

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

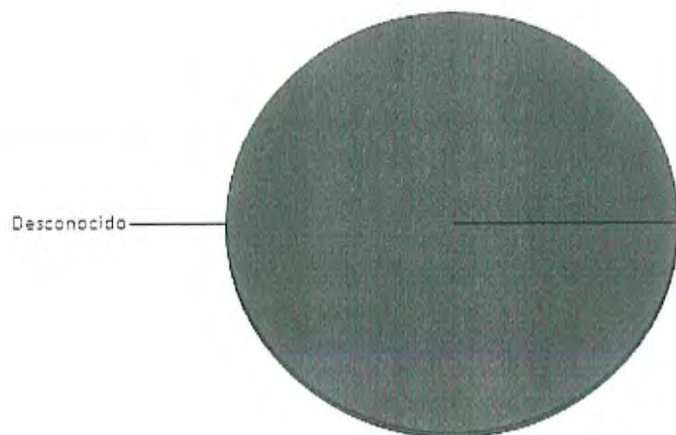


Figura 6. Porcentaje de terreno por clases de cobertura del suelo, PAB

III. 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. 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 PAB 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 6.645 toneladas métricas de la contaminación del aire (ozono (O3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO2), material particulado menor a 2.5 micrones (PM2.5), material particulado menor a 10 micrones y mayor a 2.5 micrones (PM10*)², y dióxido de sulfuro (SO2)) por año con un valor asociado de Mex\$6.37 millón (para más detalles ver el Apéndice I).

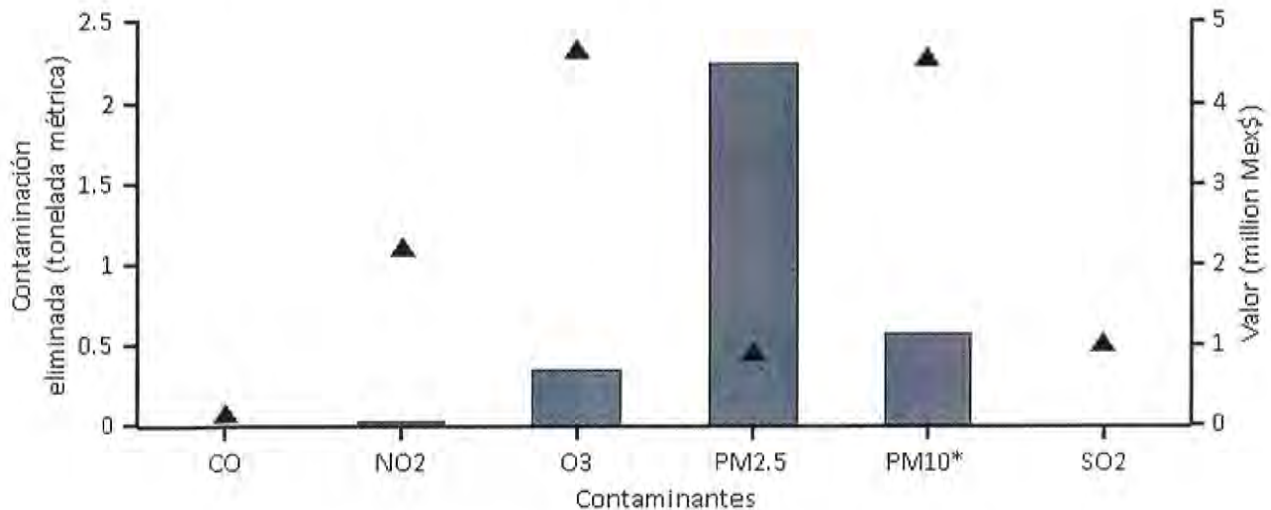


Figura 7. Eliminación anual de la contaminación (puntos) y valor (barras) por árboles urbanos, PAB

¹ PM10* es material particulado menor a 10 micrones y mayor a 2.5 micrones. PM2.5 es material particulado menor a 2.5 micrones. Si no se monitorea PM2.5, PM10* representa material particulado menor a 10 micrones. PM2.5 por lo general es más relevante en las discusiones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud humana.

² Los árboles eliminan PM2.5 y PM10* cuando el material particulado se deposita en la superficie de las hojas. Este PM2.5 y PM10* depositado puede volver a suspenderse en la atmósfera o eliminarse durante las lluvias y disolverse o transferirse al suelo. La combinación de eventos puede conducir a una eliminación y valor de la contaminación positiva o negativa según los diferentes factores atmosféricos (para más detalles ver el Apéndice I).

En 2022, los árboles en PAB emiten aproximadamente 2.364 toneladas métricas de los compuestos orgánicos volátiles (COV) (0.02074 toneladas métricas de isopreno y 2.343 toneladas métricas de monoterpenos). 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. Sesenta- ocho por ciento de las emisiones de COV del bosque urbano fueron de Ocote y Pino Iloron. Estos COV son sustancias químicas precursoras de la formación de ozono.³

En el Apéndice VIII se brindan recomendaciones generales para mejorar la calidad del aire con árboles.

³ Algunos estudios económicos han calculado los costos de las emisiones de los COV. Dichos costos no se incluyen aquí ya que existe la tendencia de añadir cálculos positivos de dólares de los efectos de la eliminación del ozono con los valores negativos de dólares de los efectos de la emisión de COV para determinar si los efectos de los árboles son positivos o negativos con relación al ozono. La combinación de valores de dólares para determinar los efectos de los árboles no debe realizarse, sino que debe llevarse a cabo el cálculo de los efectos de los COV en la formación de ozono (p. ej., a través de modelos fotoquímicos) y compararse de manera directa con la eliminación de ozono por los árboles (p. ej., los efectos del ozono deben compararse directamente, no los cálculos de dólares). Además, las reducciones a la temperatura del aire por los árboles han demostrado reducir considerablemente las concentraciones de ozono (Cardelino y Chameides 1990; Nowak et al 2000), pero no se consideran en este análisis. El modelaje fotoquímico que integra los efectos de los árboles en la temperatura del aire, la eliminación de la contaminación, las emisiones de COV y las emisiones de las plantas eléctricas puede usarse para determinar el efecto general de los árboles en las concentraciones de ozono.

IV. 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 PAB árboles es casi 81.8 toneladas métricas del carbono por año con un valor asociado de Mex\$71.1 mil. Para más detalles de los métodos ver el Apéndice I.

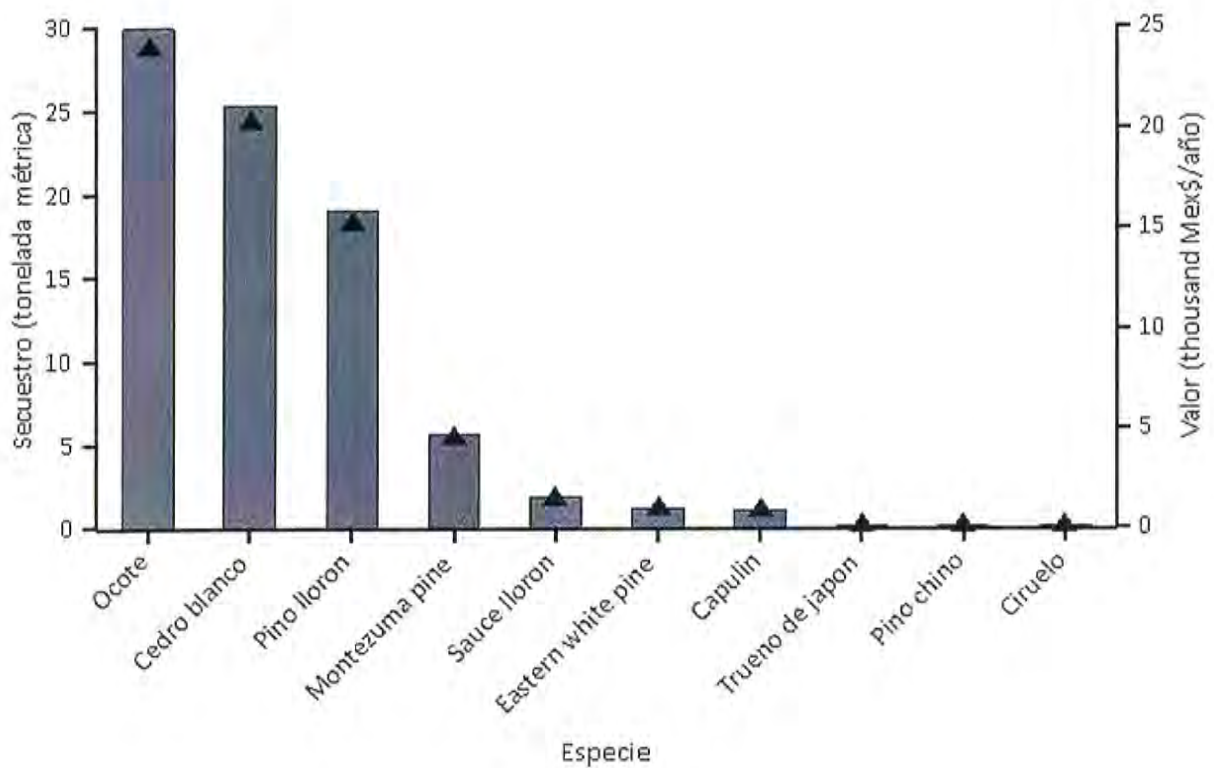


Figura 8. Secuestro bruto anual de carbono (puntos) y valor (barras) calculado para especies de árboles urbanos con el mayor secuestro, PAB

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 centrales eléctricas de combustibles fósiles o madereros.

Se calcula que los árboles en PAB almacenan 3590 toneladas de carbono (Mex\$3.12 millón). De las especies muestreadas, Cedro blanco almacena la mayor cantidad de carbono (aproximadamente 38.7% del total de carbono almacenado) y Ocote secuestra la mayor cantidad (aproximadamente 35.1% de todo el carbono secuestrado).

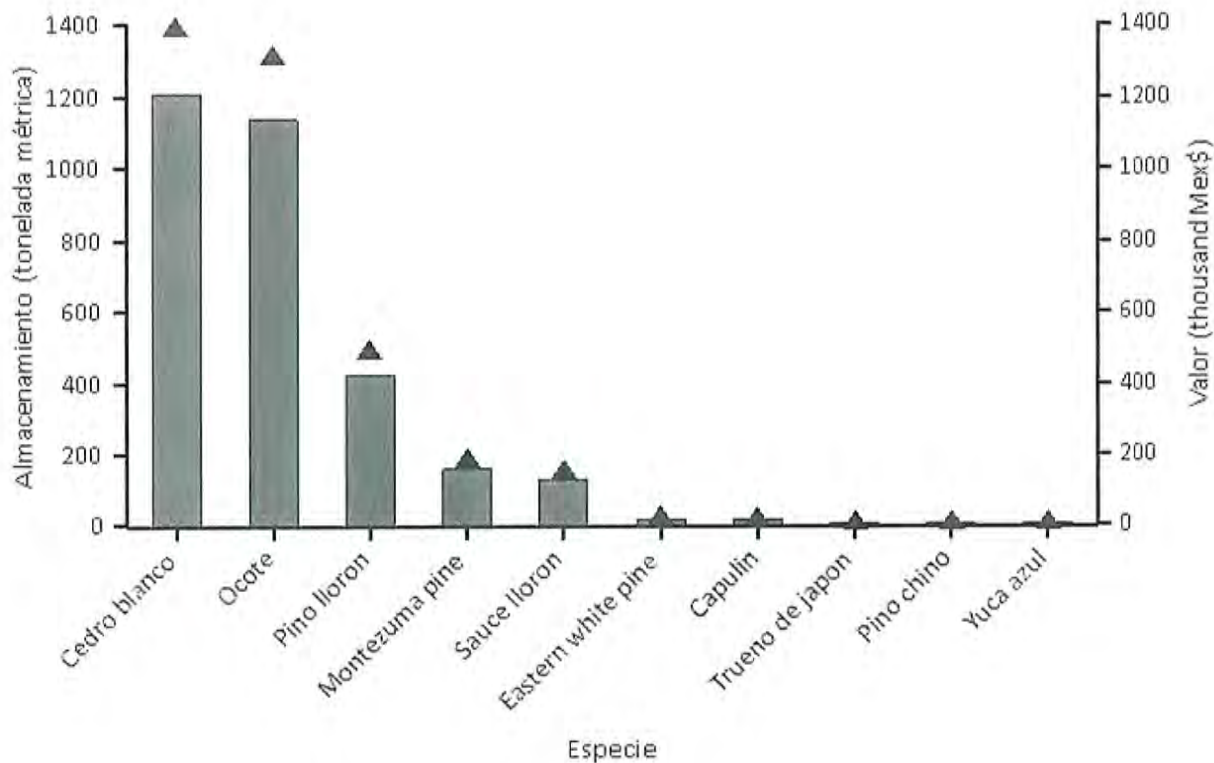


Figura 9. Almacenamiento de carbono calculado (puntos) y valores (barras) para especies de árboles urbanos con el mayor almacenamiento, PAB

V. Producción de oxígeno

La producción de oxígeno es uno de los beneficios de los árboles urbanos más comúnmente citados. La oxígeno 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 PAB producen 218.1 tonelada métrica 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 métrica)</i>	<i>Secuestro bruto de carbono (tonelada métrica/ año)</i>	<i>Número de árboles</i>	<i>Área foliar (hectárea)</i>
Ocote	76.61	28.73	4,014	110.69
Cedro blanco	64.77	24.29	2,667	104.18
Pino lloron	48.56	18.21	3,021	92.44
Montezuma pine	14.24	5.34	780	15.93
Sauce lloron	4.73	1.77	67	1.86
Eastern white pine	2.95	1.10	183	4.46
Capulín	2.65	0.99	175	1.36
Trueno de japon	0.36	0.13	13	0.13
Pino chino	0.34	0.13	39	0.95
Ciruelo	0.27	0.10	22	0.10
Manzana	0.27	0.10	57	0.09
Cedro limon	0.23	0.09	15	0.12
Fresno	0.22	0.08	17	0.24
Alamo plateado	0.20	0.07	4	0.17
Cedro deodara	0.20	0.07	19	0.09
Pino amarillo	0.19	0.07	8	0.16
Netleaf oak	0.19	0.07	14	0.07
Tejocote	0.18	0.07	28	0.09
Bailey acacia	0.18	0.07	8	0.10
Pera	0.15	0.06	14	0.06

VI. Esgurrimiento evitado

El esgurrimiento superficial puede ser causa de preocupaci3n en muchas 1reas urbanas ya que puede contribuir a la contaminaci3n de arroyos, humedales, r3os, lagos y oc3anos. Durante los eventos de precipitaci3n, cierta cantidad se ve interceptada por la vegetaci3n (1rboles y matorrales) mientras que la otra alcanza el suelo. La cantidad de la precipitaci3n que llega al suelo y no se filtra se vuelve esgurrimiento superficial (Hirabayashi 2012). En las 1reas urbanas, la gran extensi3n de superficies impermeables aumenta la cantidad de esgurrimiento superficial.

Sin embargo, los 1rboles y matorrales urbanos son ben3ficos al reducir el esgurrimiento superficial. Los 1rboles y matorrales interceptan la precipitaci3n, mientras que sus sistemas de ra3ces promueven la infiltraci3n y el almacenamiento en el suelo. Los 1rboles y matorrales de PAB ayudan a reducir el esgurrimiento por casi 14.6 mil metros c3bicos al a1o con un valor asociado de Mex\$650 mil (para m1s detalles ver el Ap3ndice I). El esgurrimiento evitado se calcula en base al estado del tiempo de la localidad de la estaci3n meteorol3gica designada por el usuario. En PAB, la precipitaci3n anual total en 2015 fue 87.5 cent3metros.

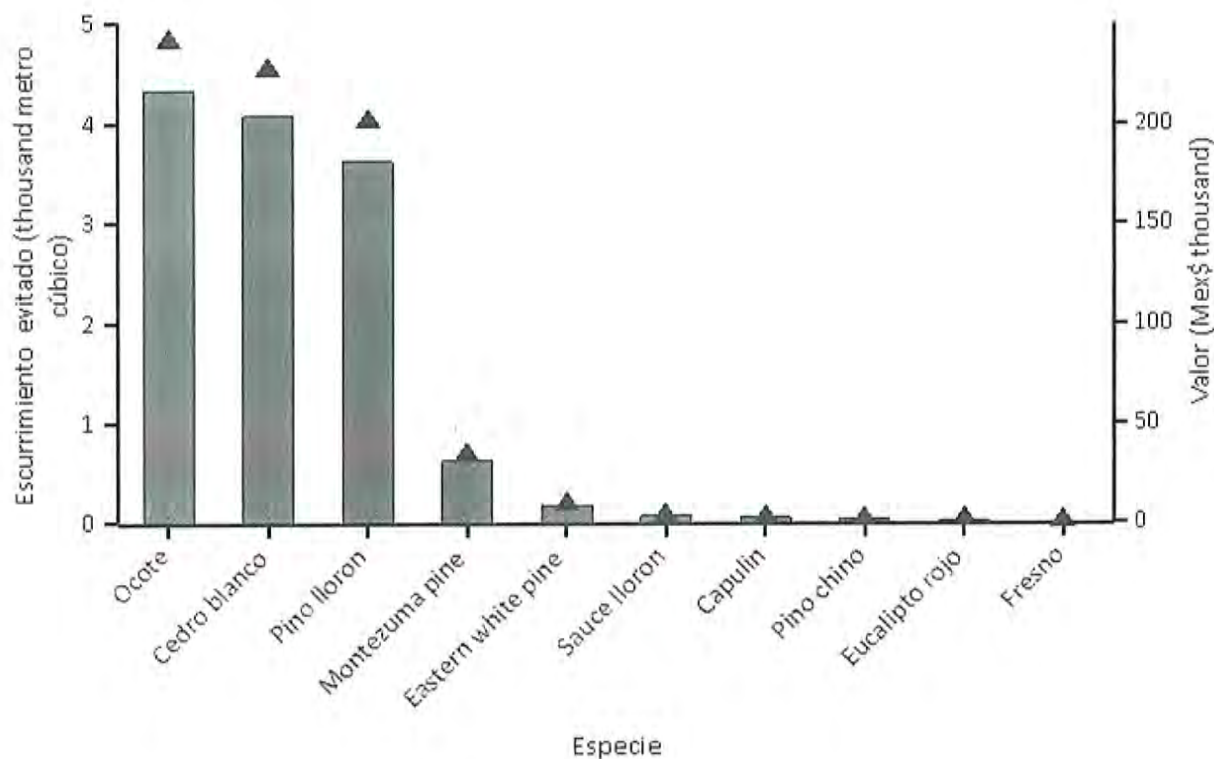


Figura 10. Esgurrimiento evitado (puntos) y valor (barras) para las especies con mayor impacto general en el esgurrimiento PAB

VII. Uso de la energía de árboles y edificios

Los árboles afectan el consumo de energía al dar sombra a los edificios, proporcionar un enfriamiento evaporativo y al obstruir los vientos de invierno. Los árboles tienden a reducir el consumo de energía de los edificios durante los meses de verano y pueden aumentar o disminuir el uso de la energía del edificio en los meses de invierno, según el lugar de los árboles alrededor del edificio. Los cálculos de los efectos de los árboles en el uso de la energía se basan en las mediciones de campo de la distancia y la dirección de los árboles a los edificios residenciales condicionados al espacio (McPherson y Simpson 1999).

Debido a que no se recopilaron datos relacionados con la energía, no pueden calcularse los ahorros de energía y al carbono evitado.

Tabla 3. Ahorros anuales de energía por árboles cercanos a edificios residenciales, PAB

	<i>Calefacción</i>	<i>Refrigeración</i>	<i>Total</i>
MBTU ^a	0	N/A	0
MWH ^b	0	0	0
Carbono evitado (kilogramos)	0	0	0

^aMBTU - un millón de unidades térmica británica

^bMWH - megavatio-hora

Tabla 4. Ahorros anuales ^a(Mex\$) en gastos de energía residencial durante las temporadas de calefacción y enfriamiento, PAB

	<i>Calefacción</i>	<i>Refrigeración</i>	<i>Total</i>
MBTU ^b	0	N/A	0
MWH ^c	0	0	0
Carbono evitado	0	0	0

^aCon base en los precios de Mex\$1910 por MWH y Mex\$0 por MBTU (ver Apéndice I para más detalles)

^bMBTU - un millón de unidades térmica británica

^cMWH - megavatio-hora

⁵ Los árboles modifican el clima, producen sombra y reducen la velocidad de los vientos. El aumento en el uso de la energía o los costos se deben en gran medida a estas interacciones entre los árboles y edificios creando un efecto enfriador durante la temporada de invierno. Por ejemplo, un árbol (particularmente de una especie siempre verde) localizado en el lado sur de un edificio residencial puede producir un efecto de sombra que ocasiona un aumento en las necesidades de calefacción.

VIII. Valores de sustitución y funcionales

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

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

Los árboles urbanos en PAB tienen los siguientes valores de sustitución:

- Valor de sustitución: Mex\$367 millón
- Almacenamiento de carbono: Mex\$3.12 millón

Los árboles urbanos en PAB tienen los siguientes valores funcionales anuales:

- Secuestro de carbono: Mex\$71.1 mil
- Esgurrimento evitado: Mex\$655 mil
- Eliminación de la contaminación: Mex\$6.37 millón
- Costos de la energía y valores de la emisión de carbono: Mex\$0

(Nota: un valor negativo indica un aumento en el costo de la energía y el valor de la emisión de carbono)

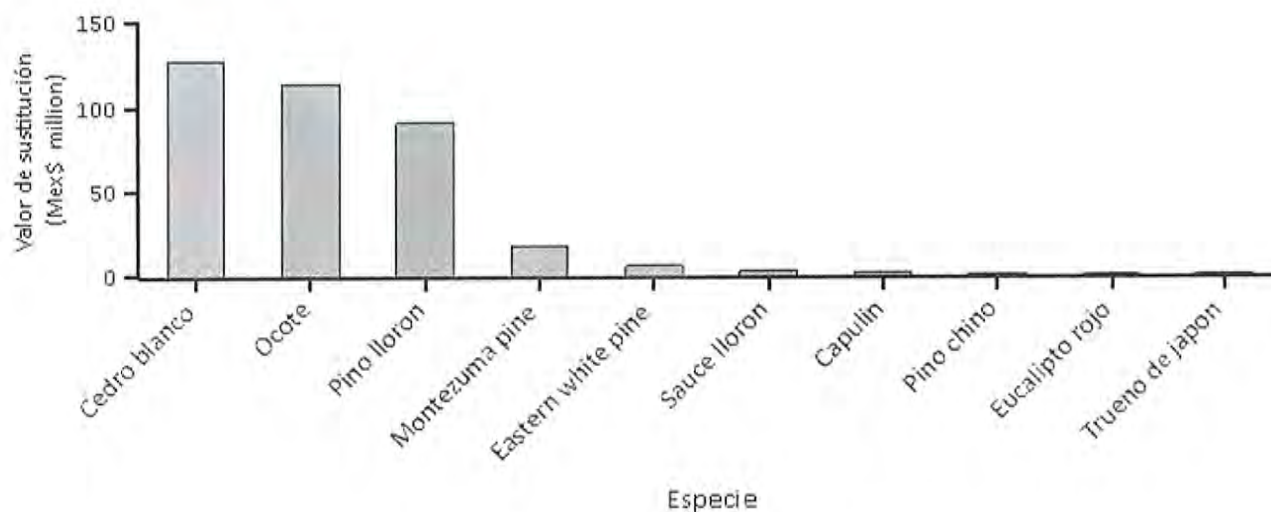


Figura 11. Especies de árboles con el mayor valor de sustitución, PAB

IX. Posibles impactos de las plagas

Varios insectos y enfermedades pueden infestar los bosques urbanos, potencialmente matando a los árboles y reduciendo la salud, el valor de sustitución y la sustentabilidad del bosque urbano. Ya que las plagas tienden a tener diferentes hospederos, el posible daño o riesgo de cada plaga será distinto entre las ciudades. Se analizaron treinta y seis plagas para su posible impacto.

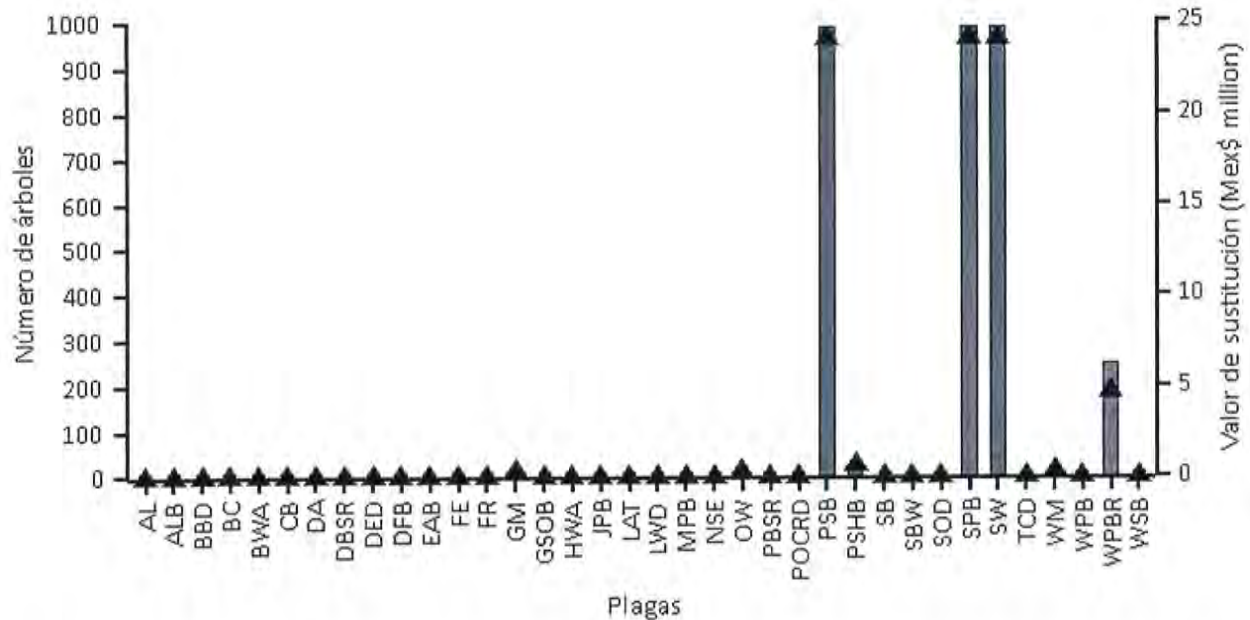


Figura 12. Número de árboles en riesgo (puntos) y valor de compensación relacionado (barras) por posibles plagas, PAB

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 de sustitución).

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 noble. ALB presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PAB bosque urbano, lo cual representa una posible pérdida de Mex\$0 en valor de sustitución.

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 de sustitución.

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 de sustitución).

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

de sustitución).

Los huéspedes más comunes del hongo que ocasiona cancro del castaño (CB) (Diller 1965) son el castaño americano y el europeo. CB tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor de sustitución).

Antracnosis del Cornejo (DA) (Mielke y Daughtrey) es una enfermedad que afecta a las especies de cornejo, en particular en floración y del Pacífico. Esta enfermedad amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa posibles pérdidas de Mex\$0 en valor de sustitución.

La enfermedad de manchas negras en la raíz del abeto de Douglas (DBSR) (Hessburg et al 1995) es una variedad del hongo de mancha negra que ataca a los abetos. PAB podría posiblemente perder el 0.0 por ciento de sus árboles por esta plaga (Mex\$0 en valor de sustitución).

El olmo americano, uno de los árboles de la calle más importantes del siglo veinte, se ha visto devastado por la enfermedad holandesa del olmo (DED) (Silvicultura Estatal y Privada del Área del Noreste 1998). Desde que se reportó por primera vez en los años 30, ha eliminado a más del 50 por ciento de la población nativa de olmos en Estados Unidos. Aunque algunas especies de olmo han mostrado varios grados de resistencia, PAB podría perder 0.0 por ciento de sus árboles debido a esta plaga (Mex\$0 en valor de sustitución).

El escarabajo del abeto de Douglas (DFB) (Schmitz y Gibson 1996) es un escarabajo de corteza que infesta a los abetos de Douglas a lo largo de la parte occidente de Estados Unidos, la Columbia Británica y México. Las posibles pérdidas de los árboles debido a DFB es de 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor de sustitución).

El barrenador esmeralda del fresno (EAB) (Universidad Estatal de Michigan 2010) ha eliminado miles de fresnos en partes de Estados Unidos. EAB tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor de sustitución).

Una plaga común de los árboles de abeto blanco, abeto gigante y abeto rojo es el escarabajo del abeto (FE) (Ferrell 1986). FE presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PAB bosque urbano, lo que representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

La roya agalladora (FR) (Phelps y Czabator 1978) es una enfermedad micótica que se distribuye en el sur de Estados Unidos. Es particularmente dañina para el pino ellioti y pino taeda. FR tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor de sustitución).

La lagarta peluda (GM) (Silvicultura Estatal y Privada del Área del Noreste 2005) es una deshojadora que se alimenta de muchas especies ocasionando un deshoje generalizado y la muerte de los árboles si las condiciones del brote duran varios años. Esta plaga amenaza al 0.1 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$137 mil en valor de sustitución.

La infestación del barrenador del roble con manchas doradas (GSOB) (Sociedad de Silvicultores Americanos 2011) ha sido un problema creciente al sur de California. Las posibles pérdidas de los árboles debido al GSOB son de 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor de sustitución).

Como una de las plagas más dañinas del tsuga oriental o tsuga carolina, el pulgón lanoso del tsuga (HWA) (Servicio Forestal de EEUU 2005) ha jugado un papel principal en la mortalidad del tsuga en Estados Unidos. HWA tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor de sustitución).

El escarabajo del pino de Jeffrey (JPB) (Smith et al 2009) es nativo de Norteamérica y se distribuye a lo largo de California, Nevada y Oregón donde su único hospedero, el pino de Jeffrey, también se encuentra. Esta plaga amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

El álamo temblón es el principal hospedero del deshojador, tórtrix del álamo temblón (LAT) (Ciesla y Kruse 2009). LAT presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PAB bosque urbano, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

La marchitez del laurel (LWD) (Servicio Forestal de EEUU 2011) es una enfermedad micótica que se introduce a los árboles hospederos por medio del escarabajo ambrosia del laurel rojo. Esta plaga amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

El escarabajo descortezador del pino (MPB) (Gibson et al 2009) es un escarabajo que ataca principalmente a las especies de pino en el occidente de Estados Unidos. MPB tiene el potencial de afectar al 0.0 por ciento de la población (Mex\$0 en valor de sustitución).

El escarabajo descortezador de picea (NSE) (Burnside et al 2011) ha tenido un impacto importante en los bosques boreales y subboreales de Norteamérica donde la distribución de la plaga coincide con la distribución de su principal hospedero. Las pérdidas potenciales de los árboles debido al NSE son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor de sustitución).

La marchitez del roble (OW) (Rexode y Brown 1983), ocasionada por un hongo, es una enfermedad prominente entre los robles. La OW presenta una amenaza al 0.1 por ciento del PAB bosque urbano, la cual representa una pérdida potencial de Mex\$137 mil en valor de sustitución.

La enfermedad de manchas negras en la raíz del pino (PBSR) (Hessburg et al 1995) es una variedad del hongo de mancha negra que ataca a los pinos nobles, incluyendo al pino de San Pedro Mártir, pino de Jeffrey y pino ponderosa. PAB podría perder posiblemente el 0.0 por ciento de sus árboles a esta plaga (Mex\$0 en valor de sustitución).

La enfermedad de raíz del falso ciprés de Lawson (POCRD) (Liebhold 2010) es una enfermedad de la raíz ocasionada por un hongo. La POCRD amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

El escarabajo de los brotes de pino (PSB) (Ciesla 2001) es un barrenador que ataca a varias especies de pino, aunque el pino silvestre es su hospedero preferido en Norteamérica. El PSB tiene el potencial de afectar al 8.6 por ciento de la población (Mex\$24.7 millón en valor de sustitución).

El escarabajo barrenador polífago (PSHB) (Universidad de California 2014) es un escarabajo que se detectó por primera vez en California. PAB podría posiblemente perder el 0.2 por ciento de sus árboles debido a esta plaga (Mex\$290 mil en valor de sustitución).

El escarabajo del pino (SB) (Holsten et al 1999) es un escarabajo de corteza que ocasiona una mortalidad importante a las especies de pino en su zona de distribución. Las pérdidas potenciales de los árboles debido al SB son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor de sustitución).

El parásito de las yemas de picea (SBW) (Kucera y Orr 1981) es un insecto que ocasiona daños graves al abeto balsámico. El SBW presenta una amenaza al 0.0 por ciento del PAB bosque urbano, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

La muerte súbita del roble (SOD) (Kliejunas 2005) es una enfermedad ocasionada por un hongo. Las pérdidas potenciales de los árboles debido a SOD son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor de sustitución).

Aunque el gorgojo descortezador del pino (SPB) (Clarke y Nowak 2009) ataca a la mayoría de las especies de pino, su hospedero preferido es el taeda, Virginia, capulín, picea, pino de hoja corta y pino de arena. Esta plaga amenaza al 8.6

por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$24.7 millón en valor de sustitución.

La avispa de la madera del pino (SW) (Haugen y Hoebeke 2005) es un barrenador que ataca principalmente a las especies de pino. La SW presenta una amenaza al 8.6 por ciento del PAB bosque urbano, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$24.7 millón en valor de sustitución.

La enfermedad de mil canchales del Nogal (TCD) (Cranshaw y Tisserat 2009; Seybold et al 2010) es un complejo de enfermedad e insecto que mata a varias especies de nogal, incluyendo al nogal negro. Las pérdidas potenciales de los árboles debido a TCD son del 0.0 por ciento (Mex\$0 en valor de sustitución).

La polilla de invierno (WM) (Childs 2011) es una plaga con una amplia distribución de especies hospederas. La WM ocasiona los niveles más altos de daño a sus hospederos cuando se encuentra en la etapa de oruga. PAB podría posiblemente perder el 0.1 por ciento de sus árboles por esta plaga (Mex\$137 mil en valor de sustitución).

El escarabajo occidental del pino (WPB) (DeMars y Roettgering 1982) es un escarabajo de corteza de ataque agresivo de los pinos ponderosa y Coulter. La plaga amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

Desde su introducción a Estados Unidos en 1900, el moho ampolla de pino blanco (oriente de EEUU) (WPBR) (Nicholls y Anderson 1977) ha tenido un efecto perjudicial en los pinos blancos, en particular en la región de los Grandes Lagos. El WPBR tiene el potencial de afectar al 1.6 por ciento de la población (Mex\$6.22 millón en valor de sustitución).

El parásito occidental de las yemas de picea (WSB) (Fellin y Dewey 1986) es un insecto que ocasiona el deshoje en las coníferas occidentales. La plaga amenaza al 0.0 por ciento de la población, lo cual representa una pérdida potencial de Mex\$0 en valor de sustitución.

Apéndice I. Modelo y mediciones de campo de i-Tree Eco

i-Tree Eco está diseñado para usar datos de campo estandarizados 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 de sustitución 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.

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.

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.

Eliminación de la contaminación del aire:

La eliminación de la contaminación se calcula para ozono, dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, material particulado menor a 2.5 micrones, y material particulado menor a 10 micrones y mayor a 2.5 micrones. PM2.5 por lo general es más relevante en las discusiones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud humana.

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 (Baldocchi 1988; Baldocchi et al 1987). Ya que la eliminación de monóxido

de carbono y material particulado por la vegetación no está directamente relacionada con 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 et al 2011; Hirabayashi et al 2012; Hirabayashi 2011).

Los árboles eliminan PM_{2.5} y PM₁₀* cuando el material particulado se deposita en la superficie de las hojas (Nowak et al 2013). Dicho PM_{2.5} y PM₁₀* 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} y PM₁₀* 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 PM_{2.5} y PM₁₀* 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 PM_{2.5} y PM₁₀* pero aumentan las concentraciones y por ello tienen valores negativos durante períodos positivos de eliminación general. Dichos eventos no son comunes, pero pueden suceder.

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 et al 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 et al 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\$298,265 por tonelada métrica (ozono), Mex\$44,545 por tonelada métrica (dióxido de nitrógeno), Mex\$16,228 por tonelada métrica (dióxido de sulfuro), Mex\$10,354,102 por tonelada métrica (material particulado menor a 2.5 micrones), Mex\$502,224 por tonelada métrica (material particulado menor a 10 micrones y mayor a 2.5 micrones).

Almacenamiento y secuestro de carbono:

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

El secuestro de carbono es 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.

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.

Para este análisis, los valores de almacenamiento y secuestro de carbono se calculan con base en Mex\$869 por tonelada métrica.

Producción de oxígeno:

La cantidad de oxígeno producido se calcula a partir del secuestro de carbono con base en los pesos atómicos: liberación neta de O₂ (kg/año) = secuestro neto de C (kg/año) x 32/12. Para calcular el índice de secuestro neto de carbono, la cantidad de carbono secuestrado como resultado del crecimiento del árbol se reduce por la cantidad perdida que resulta de la mortalidad del árbol. Por lo tanto, el secuestro neto de carbono y la producción anual neta de oxígeno del bosque urbano consideran la descomposición (Nowak et al 2007). Para proyectos de inventario completo, la producción de oxígeno se calcula a partir del secuestro bruto de carbono y no considera la descomposición.

Escurrimiento evitado:

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

El valor del escurrimiento evitado se basa en los valores locales calculados o los definidos por el usuario. Para reportes internacionales que no cuentan con valores locales, se utiliza el valor promedio nacional para Estados Unidos y se convierte al tipo de cambio local con tasas definidas por el usuario. El valor de EEUU para el escurrimiento evitado se basa en las Series del Manual de Árboles Comunitarios del Servicio Forestal de EEUU (McPherson et al 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2010; Peper et al 2009; 2010; Vargas et al 2007a; 2007b; 2008).

Para este análisis, el valor del escurrimiento evitado se calcula con base en el precio de Mex\$44.91 por m³.

Uso de energía de edificios:

Si se recopilaron los datos de campo correspondientes, los efectos estacionales de los árboles en el uso de la energía de edificios residenciales se calcularon con base en los procedimientos descritos en la literatura (McPherson y Simpson 1999) usando la distancia y dirección de los árboles a partir de las estructuras residenciales, la altura de los árboles y los datos de las condiciones de los mismos. Para calcular el valor monetario de los ahorros de energía, se usaron los precios locales o personalizados por MWH o MBTU.

Para este análisis, el valor del ahorro de energía se calcula con base en los precios de Mex\$1,910.00 por MWH y

Mex\$0.00 por MBTU.

Valores de sustitución:

El valor de sustitución 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 de sustitución 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 árbol (Nowak et al 2002a; 2002b). El valor de sustitución puede no incluirse en proyectos internacionales si no se cuentan con datos locales suficientes para concluir los procedimientos de valoración.

Posibles impactos de las plagas:

El análisis completo de posible riesgo de plagas no está disponible para estudios fuera de Estados Unidos. Se reporta el número analizado de árboles en riesgo a las plagas, aunque la lista de plagas se basa en insectos y enfermedades conocidas en Estados Unidos.

Para EEUU, el posible riesgo de plaga se basa en mapas de distribución de plagas y en las especies conocidas hospederas de plagas que posiblemente experimenten mortalidad. Se usaron 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).

Efectos de los árboles relacionados:

El valor relativo de los beneficios de los árboles reportado en el Apéndice II 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.

Las emisiones de carbono municipal se basan en las emisiones de carbono per cápita de EEUU 2010 (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.

Los índices de emisión de vehículos ligeros (g/mi) para CO, NO_x, COV, PM₁₀, SO₂ para 2010 (Buró de Estadística del Transporte 2010; Heirigs et al 2004), PM_{2.5} para 2011-2015 (Junta de Recursos del Aire de California 2013) y CO₂ para 2011 (Agencia de Protección Ambiental de EEUU 2010) se multiplicaron por las millas promedio conducidas por vehículo en 2011 (Administración Federal de Caminos 2013) para determinar las emisiones promedio por vehículo.

Las emisiones de las viviendas se basan en la electricidad promedio kWh utilizada, gas natural Btu utilizado, gasolina Btu utilizada, keroseno Btu utilizado, LPG Btu utilizado, y madera Btu utilizada por vivienda en 2009 (Administración de Información de Energía 2013; Administración de Información de Energía 2014)

- 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).

Apéndice II. Efectos de los árboles relacionados

El bosque urbano en PAB 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. Ver Apéndice I para las metodologías.

El almacenamiento de carbono equivale a:

- Cantidad de carbono emitido en PAB en 10 días
- Emisiones anuales de carbono (C) de 2,800 automóviles
- Emisiones anuales de C de 1,150 viviendas unifamiliares

La eliminación de monóxido de carbono equivale a:

- Emisiones anuales de monóxido de carbono de 1 automóviles
- Emisiones anuales de monóxido de carbono de 2 viviendas unifamiliares

La eliminación de dióxido de nitrógeno equivale a:

- Emisiones anuales de dióxido de nitrógeno de 172 automóviles
- Emisiones anuales de dióxido de nitrógeno de 77 viviendas unifamiliares

La eliminación de dióxido de sulfuro equivale a:

- Emisiones anuales de dióxido de sulfuro de 5,850 automóviles
- Emisiones anuales de dióxido de carbono de 16 viviendas unifamiliares

El secuestro anual de carbono equivale a:

- Cantidad de carbono emitida en PAB en 0.2 días
- Emisiones anuales de C de 100 automóviles
- Emisiones anuales de C de 0 viviendas unifamiliares

Apéndice III. Comparación de bosques urbanos

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.

I. Totales de ciudad para árboles

Ciudad	% de cobertura de los árboles	Número de árboles	Almacenamiento de carbono (toneladas)	Secuestro de carbono (toneladas/año)	Eliminación de la contaminación (toneladas/año)
Toronto, ON, Canada	26.6	10,220,000	1,108,000	46,700	1,905
Atlanta, GA	36.7	9,415,000	1,220,000	42,100	1,509
Los Angeles, CA	11.1	5,993,000	1,151,000	69,800	1,792
New York, NY	20.9	5,212,000	1,225,000	38,400	1,521
London, ON, Canada	24.7	4,376,000	360,000	12,500	370
Chicago, IL	17.2	3,585,000	649,000	22,800	806
Phoenix, AZ	9.0	3,166,000	286,000	29,800	511
Baltimore, MD	21.0	2,479,000	517,000	16,700	390
Philadelphia, PA	15.7	2,113,000	481,000	14,600	522
Washington, DC	28.6	1,928,000	477,000	14,700	379
Oakville, ON , Canada	29.1	1,908,000	133,000	6,000	172
Albuquerque, NM	14.3	1,846,000	301,000	9,600	225
Boston, MA	22.3	1,183,000	290,000	9,500	257
Syracuse, NY	26.9	1,088,000	166,000	5,300	99
Woodbridge, NJ	29.5	986,000	145,000	5,000	191
Minneapolis, MN	26.4	979,000	227,000	8,100	277
San Francisco, CA	11.9	668,000	176,000	4,600	128
Morgantown, WV	35.5	658,000	84,000	2,600	65
Moorestown, NJ	28.0	583,000	106,000	3,400	107
Hartford, CT	25.9	568,000	130,000	3,900	52
Jersey City, NJ	11.5	136,000	19,000	800	37
Casper, WY	8.9	123,000	34,000	1,100	34
Freehold, NJ	34.4	48,000	18,000	500	20

II. Totales por hectárea de área de terreno

Ciudad	Número de árboles/ha	Almacenamiento de carbono (toneladas/ha)	Secuestro de carbono (toneladas/ha/año)	Eliminación de la contaminación (kg/ha/año)
Toronto, ON, Canada	160.4	17.4	0.73	29.9
Atlanta, GA	275.8	35.7	1.23	44.2
Los Angeles, CA	48.4	9.4	0.36	14.7
New York, NY	65.2	15.3	0.48	19.0
London, ON, Canada	185.5	15.3	0.53	15.7
Chicago, IL	59.9	10.9	0.38	13.5
Phoenix, AZ	31.8	2.9	0.30	5.1
Baltimore, MD	118.5	25.0	0.80	18.6
Philadelphia, PA	61.9	14.1	0.43	15.3
Washington, DC	121.1	29.8	0.92	23.8
Oakville, ON , Canada	192.9	13.4	0.61	12.4
Albuquerque, NM	53.9	8.8	0.28	6.6
Boston, MA	82.9	20.3	0.67	18.0
Syracuse, NY	167.4	23.1	0.77	15.2
Woodbridge, NJ	164.4	24.2	0.84	31.9
Minneapolis, MN	64.8	15.0	0.53	18.3
San Francisco, CA	55.7	14.7	0.39	10.7
Morgantown, WV	294.5	37.7	1.17	29.2
Moorestown, NJ	153.4	27.9	0.90	28.1
Hartford, CT	124.6	28.5	0.86	11.5
Jersey City, NJ	35.5	5.0	0.21	9.6
Casper, WY	22.5	6.2	0.20	6.2
Freehold, NJ	94.6	35.9	0.98	39.6

Apéndice IV. 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.

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 carbono
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 temperatura
Sembrar árboles en áreas contaminadas o muy pobladas	Maximiza los beneficios de la calidad del aire de los árboles
Evita especies sensibles a la contaminación	Mejora la salud del árbol
Utilizar árboles siempre verdes para material particulado	Eliminación de partículas durante todo el año

Apéndice V. Especies invasivas del bosque urbano

Los datos de las especies invasivas sólo están disponibles para Estados Unidos. Este análisis no puede llevarse a cabo para estudios internacionales debido a la falta de datos necesarios.

Apéndice VI. Posible riesgo de plagas

Los datos de distribución de las plagas sólo están disponibles para Estados Unidos. Este análisis no puede llevarse a cabo para estudios internacionales debido a la falta de datos necesarios.

References

- Abdollahi, K.K.; Ning, Z.H.; Appeaning, A., eds. 2000. Global climate change and the urban forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press. 77 p.
- Animal and Plant Health Inspection Service. 2010. Plant Health – Asian longhorned beetle. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service.
- Baldocchi, D. 1988. A multi-layer model for estimating sulfur dioxide deposition to a deciduous oak forest canopy. *Atmospheric Environment*. 22: 869-884.
- Baldocchi, D.D.; Hicks, B.B.; Camara, P. 1987. A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmospheric Environment*. 21: 91-101.
- Bidwell, R.G.S.; Fraser, D.E. 1972. Carbon monoxide uptake and metabolism by leaves. *Canadian Journal of Botany*. 50: 1435-1439.
- British Columbia Ministry of Water, Land, and Air Protection. 2005. Residential wood burning emissions in British Columbia. British Columbia.
- Broecker, W.S. 1970. Man's oxygen reserve. *Science* 168(3939): 1537-1538.
- Bureau of Transportation Statistics. 2010. Estimated National Average Vehicle Emissions Rates per Vehicle by Vehicle Type using Gasoline and Diesel. Washington, DC: Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Transportation. Table 4-43.
- Burnside, R.E.; Holsten, E. H.; Fettig, C.J.; Kruse, J. J.; Schultz, M.E.; Hayes, C.J.; Graves, A.D.; Seybold, S.J. 2011. Northern Spruce Engraver. Forest Insect & Disease Leaflet 180. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.
- California Air Resources Board. 2013. Methods to Find the Cost-Effectiveness of Funding Air Quality Projects. Table 3 Average Auto Emission Factors. CA: California Environmental Protection Agency, Air Resources Board.
- Carbon Dioxide Information Analysis Center. 2010. CO2 Emissions (metric tons per capita). Washington, DC: The World Bank.
- Cardelino, C.A.; Chameides, W.L. 1990. Natural hydrocarbons, urbanization, and urban ozone. *Journal of Geophysical Research*. 95(D9): 13,971-13,979.
- Childs, R. 2011. Winter Moth Identification and Management. Amherst, MA: University of Massachusetts Amherst, Landscape, Nursery & Urban Forestry Program.
- Ciesla, W. M. 2001. *Tomicus piniperda*. North American Forest Commission. Exotic Forest Pest Information System for North America (EXFOR).
- Ciesla, W. M.; Kruse, J. J. 2009. Large Aspen Tortrix. Forest Insect & Disease Leaflet 139. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.
- Clarke, S. R.; Nowak, J.T. 2009. Southern Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 49. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Cranshaw, W.; Tisserat, N. 2009. Walnut twig beetle and the thousand cankers disease of black walnut. Pest Alert. Ft. Collins, CO: Colorado State University.

Seybold, S.; Haugen, D.; Graves, A. 2010. Thousand Cankers Disease. Pest Alert. NA-PR-02-10. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.

DeMars, C. J., Jr.; Roettgering, B. H. 1982. Western Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 1. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Diller, J. D. 1965. Chestnut Blight. Forest Pest Leaflet 94. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 7 p.

Eastern Forest Environmental Threat Assessment Center. Dutch Elm Disease. <http://threatsummary.forestthreats.org/threats/threatSummaryViewer.cfm?threatID=43>

Energy Information Administration. 1994. Energy Use and Carbon Emissions: Non-OECD Countries. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Energy Information Administration. 2013. CE2.1 Fuel consumption totals and averages, U.S. homes. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Energy Information Administration. 2014. CE5.2 Household wood consumption. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Federal Highway Administration. 2013. Highway Statistics 2011. Washington, DC: Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Table VM-1.

Fellin, D. G.; Dewey, J. E. 1986. Western Spruce Budworm. Forest Insect & Disease Leaflet 53. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 10 p.

Ferrell, G. T. 1986. Fir Engraver. Forest Insect & Disease Leaflet 13. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Georgia Forestry Commission. 2009. Biomass Energy Conversion for Electricity and Pellets Worksheet. Dry Branch, GA: Georgia Forestry Commission.

Gibson, K.; Kegley, S.; Bentz, B. 2009. Mountain Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 2. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.

Haugen, D. A.; Hoebeke, R. E. 2005. Sirex woodwasp - *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Pest Alert. NA-PR-07-05. Newtown Square, PA: Department of Agriculture, Forest Service, Northern Area State and Private Forestry.

Heirigs, P.L.; Delaney, S.S.; Dulla, R.G. 2004. Evaluation of MOBILE Models: MOBILE6.1 (PM), MOBILE6.2 (Toxics), and MOBILE6/CNG. Sacramento, CA: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

Hessburg, P. F.; Goheen, D. J.; Bega, R.V. 1995. Black Stain Root Disease of Conifers. Forest Insect & Disease Leaflet 145. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Hessburg, P. F.; Goheen, D. J.; Bega, R.V. 1995. Black Stain Root Disease of Conifers. Forest Insect & Disease Leaflet

145. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Hirabayashi, S. 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%20enhancements.pdf)

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

Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2011. Component-based development and sensitivity analyses of an air pollutant dry deposition model. *Environmental Modeling and Software*. 26(6): 804-816.

Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2012. i-Tree Eco Dry Deposition Model Descriptions V 1.0

Holsten, E.H.; Thier, R.W.; Munson, A.S.; Gibson, K.E. 1999. The Spruce Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 127. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.

Houston, D. R.; O'Brien, J. T. 1983. Beech Bark Disease. Forest Insect & Disease Leaflet 75. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. 2015. Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/scc-tsd-final-july-2015.pdf>

Kliejunas, J. 2005. *Phytophthora ramorum*. North American Forest Commission. Exotic Forest Pest Information System for North America (EXFOR).

Kruse, J.; Ambourn, A.; Zogas, K. 2007. Aspen Leaf Miner. Forest Health Protection leaflet. R10-PR-14. Juneau, AK: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Alaska Region.

Kucera, D. R.; Orr, P. W. 1981. Spruce Budworm in the Eastern United States. Forest Pest Leaflet 160. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Layton, M. 2004. 2005 Electricity Environmental Performance Report: Electricity Generation and Air Emissions. CA: California Energy Commission.

Leonardo Academy. 2011. Leonardo Academy's Guide to Calculating Emissions Including Emission Factors and Energy Prices. Madison, WI: Leonardo Academy Inc.

Liebhold, A. 2010 draft. Personal communication on the geographic distribution of forest pest species.

Lovett, G.M. 1994. Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective. *Ecological Applications*. 4: 629-650.

McPherson, E.G.; Maco, S.E.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; VanDerZanden, A.M.; Bell, N. 2002. Western Washington and Oregon Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting. International Society of Arboriculture, Pacific Northwest, Silverton, OR.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R. 1999. Carbon dioxide reduction through urban forestry: guidelines for professional and volunteer tree planters. Gen. Tech. Rep. PSW-171. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 237 p.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Crowell, A.M.N.; Xiao, Q. 2010. Northern California coast community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-228. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-228. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Maco, S.E.; Xiao, Q. 2006a. Coastal Plain Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting PSW-GTR-201. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Xiao, Q. 2007. Northeast community tree guide: benefits, costs, and strategic planting.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Gardner, S.L.; Cozad, S.K.; Xiao, Q. 2006b. Midwest Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting PSW-GTR-199. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Xiao, Q. 2006c. Piedmont Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting PSW-GTR 200. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Xiao, Q.; Mulrean, E. 2004. Desert Southwest Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting. Phoenix, AZ: Arizona Community Tree Council, Inc. 81 :81.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Scott, K.I.; Xiao, Q. 2000. Tree Guidelines for Coastal Southern California Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q. 1999. Tree Guidelines for San Joaquin Valley Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; Maco, S.E.; Hoefer, P.J. 2003. Northern Mountain and Prairie Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; Pittenger, D.R.; Hodel, D.R. 2001. Tree Guidelines for Inland Empire Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.

Michigan State University. 2010. Emerald ash borer. East Lansing, MI: Michigan State University [and others].

Mielke, M. E.; Daughtrey, M. L. How to Identify and Control Dogwood Anthracnose. NA-GR-18. Broomall, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area and Private Forestry.

Murray, F.J.; Marsh L.; Bradford, P.A. 1994. New York State Energy Plan, vol. II: issue reports. Albany, NY: New York State Energy Office.

Nicholls, T. H.; Anderson, R. L. 1977. How to Identify White Pine Blister Rust and Remove Cankers. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry

Northeastern Area State and Private Forestry. 1998. How to identify and manage Dutch Elm Disease. NA-PR-07-98. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.

Northeastern Area State and Private Forestry. 2005. Gypsy moth digest. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.

Nowak, D.J. 1994. Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R.A., eds. Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project. Gen. Tech. Rep. NE-186. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 83-94.

Nowak, D.J. 1995. Trees pollute? A "TREE" explains it all. In: Proceedings of the 7th National Urban Forestry Conference. Washington, DC: American Forests: 28-30.

Nowak, D.J. 2000. The interactions between urban forests and global climate change. In: Abdollahi, K.K.; Ning, Z.H.; Appeaning, A., eds. Global Climate Change and the Urban Forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press: 31-44.

Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Greenfield, E. 2014. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*. 193:119-129.

Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Hoehn, R. 2013. Modeled PM_{2.5} removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*. 178: 395-402.

Nowak, D.J.; Civerolo, K.L.; Rao, S.T.; Sistla, S.; Luley, C.J.; Crane, D.E. 2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmospheric Environment*. 34: 1601-1613.

Nowak, D.J.; Crane, D.E. 2000. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: quantifying urban forest structure and functions. In: Hansen, M.; Burk, T., eds. Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century. Proceedings of IUFRO conference. Gen. Tech. Rep. NC-212. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station: 714-720.

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

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Hoehn, R.E. 2005. The urban forest effects (UFORE) model: field data collection manual. V1b. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, 34 p. http://www.fs.fed.us/ne/syracuse/Tools/downloads/UFORE_Manual.pdf

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Ibarra, M. 2002b. Brooklyn's urban forest. Gen. Tech. Rep. NE-290. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 107 p.

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

Nowak, D.J.; Hoehn, R.; Crane, D. 2007. Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture & Urban Forestry*. 33(3):220-226.

Nowak, D.J.; Hoehn, R.E.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Walton, J.T; Bond, J. 2008. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. *Arboriculture and Urban Forestry*. 34(6): 347-358.

Nowak, D.J.; Stevens, J.C.; Sisinni, S.M.; Luley, C.J. 2002c. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*. 28(3): 113-122.

Ostry, M.E.; Mielke, M.E.; Anderson, R.L. 1996. How to Identify Butternut Canker and Manage Butternut Trees. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station.

Peper, P.J.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Albers, S.N.; Xiao, Q. 2010. Central Florida community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-230. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

Peper, P.J.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Vargas, K.E.; Xiao Q. 2009. 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 Southwest Research Station, Albany, CA.

Phelps, W.R.; Czabator, F.L. 1978. Fusiform Rust of Southern Pines. Forest Insect & Disease Leaflet 26. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 7 p.

Rexrode, C. O.; Brown, H. D. 1983. Oak Wilt. Forest Insect & Disease Leaflet 29. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 6 p.

Schmitz, R. F.; Gibson, K. E. 1996. Douglas-fir Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 5. R1-96-87. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Smith, S. L.; Borys, R. R.; Shea, P. J. 2009. Jeffrey Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 11. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Society of American Foresters. 2011. Gold Spotted Oak Borer Hitches Ride in Firewood, Kills California Oaks. Forestry Source 16(10): 20.

U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA-420-R-10-012a

U.S. Environmental Protection Agency. 2015. The social cost of carbon. <http://www.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/scc.html>

U.S. Forest Service. 2005. Hemlock Woolly Adelgid. Pest Alert. NA-PR-09-05. Newtown Square, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Area State and Private Forestry.

U.S. Forest Service. 2011. Laurel Wilt. Atlanta, GA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Health Protection, Southern Region.

University of California. 2014. Polphagous Shot Hole Borer. Sacramento, CA: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.

van Essen, H.; Schrotten, A.; Otten, M.; Sutter, D.; Schreyer, C.; Zandonella, R.; Maibach, M.; Doll, C. 2011. External Costs of Transport in Europe. Netherlands: CE Delft. 161 p.

Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2007a. Interior West Tree Guide.

Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2007b. Temperate Interior West Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting.

Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2008. Tropical community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-216. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-216. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

Worrall, J.J. 2007. Chestnut Blight. Forest and Shade Tree Pathology.

http://www.forestpathology.org/dis_chestnut.html

Zinke, P.J. 1967. Forest interception studies in the United States. In: Sopper, W.E.; Lull, H.W., eds. Forest Hydrology. Oxford, UK: Pergamon Press: 137-161.