



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

REGISTRO DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES
ATMOSFÉRICOS A PARTIR DE LAS ESPECIES
ARBÓREAS EN LOS BOSQUES URBANOS DE
CHAPULTEPEC, SAN JUAN DE ARAGÓN Y
TLALPAN.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I Ó L O G A
PRESENTA

HERREJÓN GÓMEZ MARIA DE LOS ANGELES



DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ

CIUDAD DE MÉXICO

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Resumen.	1
I. Introducción.	2
II. Antecedentes.	4
III. Problemática.	7
IV. Objetivos.	8
V. Marco teórico.	9
5.1. Contexto jurídico de los parques urbanos.	9
5.2. Contaminación de la Ciudad de México.	10
5.3. Contaminantes.	12
5.3.1. Contaminantes primarios.	12
5.3.1.1. Monóxido de carbono.	13
5.3.1.2. Óxidos de azufre.	14
5.3.1.3. Óxidos de nitrógeno.	15
5.3.2. Contaminantes secundarios.	16
5.3.2.1. Ozono.	16
5.4. Beneficios de los bosques urbanos.	18
5.5. Estructura interna de hoja vs captura de contaminantes.	18
VI. Áreas de estudio.	20
6.1. Bosque de Chapultepec.	21
6.2. Bosque de San Juan de Aragón.	26
6.3. Bosque de Tlalpan.	30
VII. Método.	34

VIII. Resultados y discusión.	36
8.1. Lista internacional de especies arbóreas que remueven contaminantes (Hewitt, 2010).	36
8.2. Comparación de las especies arbóreas presentes en México a las reportadas a nivel mundial (Calva <i>et al.</i> , 1990).	38
8.3. Frecuencias relativas de especies registradas en los bosques urbanos.	41
8.4. Modelos de captura de carbono.	52
8.4.1. Modelo de Jenkins para especies perennes.	52
8.4.2. Modelo de Nowack para especies caducas.	55
8.4.3. Modelo de Nowack para especies perennes.	57
8.4.4. Modelo de la Procuraduría ambiental y del ordenamiento territorial de la Ciudad de México (PAOT).	60
8.5. Modelos de remoción de contaminantes.	64
8.5.1. Modelo Figueruelo- Dávila.	64
8.5.1. Modelo de Jenkins en especies perennes.	66
8.5.2. Modelo de Nowack en especies caducas.	69
8.5.3. Modelos de Nowack en especies perennes.	70
8.6. Comparación de los modelos.	74
IX. Conclusión.	76
X. Bibliografía.	78
XI. Anexos.	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de combustibles en millones de litros, en la Ciudad de México y distribución por tipo de combustible (1990-2000).	11
Figura 2. Comportamiento típico mensual de variables climáticas en la Ciudad de México (1990-2003).	12
Figura 3. Registro histórico de la concentración de monóxido de carbono en la Ciudad de México (1990-2017).	13
Figura 4. Registro histórico de la concentración de dióxido de azufre en la Ciudad de México (1990-2017).	14
Figura 5. Registro histórico de la concentración de dióxido de nitrógeno en la Ciudad de México (1990-2017).	15
Figura 6. Registro histórico de la concentración de ozono en la Ciudad de México (1990-2017).	17
Figura 7. Estructura de la hoja.	19
Figura 8. Mapa de la Ciudad de México con la ubicación de los bosques urbanos de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan.	20
Figura 9. Mapa de la Ciudad de México con la ubicación del Bosque de Chapultepec.	22
Figura 10. Mapa de la Ciudad de México con la ubicación del Bosque de San Juan de Aragón.	27
Figura 11. Mapa de la Ciudad de México con la ubicación del Bosque de Tlalpan.	31
Figura 12. Trazo del círculo de muestreo y colecta de datos dasométricos.	35
Figura 13. Frecuencia relativa de especies perennes presentes en los bosques urbanos.	42
Figura 14. Frecuencia relativa de especies caducas presentes en los bosques urbanos.	42
Figura 15. Frecuencia relativa de especies presentes en el Bosque de Chapultepec.	43
Figura 16. Imagen satelital del perímetro del Bosque de Chapultepec.	45

Figura 17. Estado actual de los ahuehuetes cercanos al lago del Bosque de Chapultepec.	46
Figura 18. Frecuencia relativa de especies presentes en el Bosque de San Juan de Aragón.	47
Figura 19. Imagen satelital del perímetro del Bosque de San Juan de Aragón.	48
Figura 20. Frecuencia relativa de especies presentes en el Bosque de Tlalpan.	49
Figura 21. Imagen satelital del perímetro del Bosque de Tlalpan.	51
Figura 22. Captura de carbono en el BC en especies perennes, modelo Jenkins.	53
Figura 23. Captura de carbono en el BSJA en especies perennes, modelo Jenkins.	53
Figura 24. Captura de carbono en el BT en especies perennes, modelo Jenkins.	54
Figura 25. Captura de carbono en el BC en especies caducas, modelo Nowack.	55
Figura 26. Captura de carbono en el BT en especies caducas, modelo Nowack.	56
Figura 27. Captura de carbono en el BC en especies perennes, modelo Nowack.	57
Figura 28. Captura de carbono en el BSJA en especies perennes, modelo Nowack.	58
Figura 29. Captura de carbono en el BT en especies perennes, modelo Nowack.	59
Figura 30. Remoción de carbono en los bosques urbanos.	60
Figura 31. Remoción de carbono en el Bosque de Chapultepec.	61
Figura 32. Remoción de carbono en el Bosque de San Juan de Aragón.	62
Figura 33. Remoción de carbono en el Bosque de Tlalpan.	62

Figura 34. Captura de contaminantes en el BC en especies perennes, modelo Jenkins.	67
Figura 35. Captura de contaminantes en el BSJA en especies perennes, modelo Jenkins.	68
Figura 36. Captura de contaminantes en el BT en especies perennes, modelo Jenkins.	68
Figura 37. Captura de contaminantes en el BC en especies caducas, modelo Nowack.	69
Figura 38. Captura de contaminantes en el BT en especies caducas, modelo Nowack.	69
Figura 39. Captura de contaminantes en el BC en especies perennes, modelo Nowack.	70
Figura 40. Captura de contaminantes en el BSJA en especies perennes, modelo Nowack.	71
Figura 41. Captura de contaminantes en el BT en especies perennes, modelo Nowack.	71
Figura 42. Remoción de gases en el bosque de Chapultepec.	72
Figura 43. Remoción de gases en el Bosque de San Juan de Aragón.	72
Figura 44. Remoción de gases en el Bosque de Tlalpan.	73
Figura 45. Comparación de los modelos de remoción en los tres bosques urbanos.	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista internacional de especies arbóreas que remueven contaminantes (Hewitt N, 2010).	36
Tabla 2. Comparación de especies arbóreas presentes en México a las reportadas a nivel mundial (Calva <i>et al.</i> , 1990).	38
Tabla 3. Remoción de contaminantes en los bosques urbanos.	65

DEDICATORIA

A mi mamá Elvira

A mi tía Berta

A mi papá Julián

A mi papá Miguel

A mi hermano Miguel

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco la oportunidad de permanecer a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, orgullosamente UNAM.

A la Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, por el apoyo otorgado para realizar esta tesis (SECITI/103/2017).

A mi director de tesis el M. en C. Germán Calva Vásquez por todo el apoyo que me brindo, por permitirme realizar mi tesis a su lado, por compartir sus conocimientos y por dedicarme su tiempo. Gracias por las pláticas que tuvimos a lo largo de LIF y la tesis, me sirvieron de mucho, por los consejos dados y por los libros que me recomendó.

A mis sinodales el M. en C. Armando Cervantes Sandoval, Dra. Esther Matiana García Amador, Mtra., María Beatriz Martínez Rosales y a la Biol. Yolanda Cortes Altamirano, por sus contribuciones en este trabajo, por el tiempo que me han brindado y sus observaciones puntuales.

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

A mi mamá, gracias por nunca cortarme las “alas”, no hay palabra alguna para darte las gracias por TODO lo que siempre me has dado, le doy gracias al universo por darme a la mejor mamá, gracias por siempre creer en mí y no cuestionar mis decisiones, por apoyarme a realizar una de mis grandes metas, te admiro mucho por el valor que tuviste de ser madre y padre a la vez. TE AMO MUCHO. Simplemente eres la MEJOR.

A mi hermano por todo el apoyo que me ha brindado, por todos los momentos que hemos vivido y gracias por enseñarme a ver la vida de una forma simple. Eres el MEJOR hermano que el universo me pudo dar.

Papá Julián gracias por todos los consejos que me has dado a lo largo de toda mi vida y sobre todo por estos dos: “No olvides cuál es tu meta” “Nunca digas no puedo”, gracias por aceptar ser mi papá.

Tía Berta gracias por siempre ver por mi bien, por ponerme los pies sobre la tierra, en verdad te lo agradezco, sin tu educación nunca lo hubiera logrado. Gracias por aceptar cuidarme.

A la familia Gómez-Torres, por todo el apoyo que siempre nos brindan a mí y a mi familia, son los MEJORES. Gracias por aceptarme ser parte de su familia.

Marco gracias por el apoyo que siempre me das, por estar ahí cuando más necesito de un abrazo y por todos los momentos que hemos vivido (películas, platicas, series, etc.).

Ana gracias por estar al pendiente de mí a lo largo de toda mi vida, por siempre brindarme tu apoyo en todos los aspectos de mi vida y por creer en mí. Eres una de mis figuras de admiración. Eres una gran mamá para Uriel.

Gracias Abuelito Max por enseñarme a ver las cosas de diferente manera y por entenderme.

Papá Miguel, te lo dije! Y aquí me tienes, Jajaja!! Gracias por recordarme porque estoy aquí y por cuidar a mi zoológico, simplemente gracias, no hay palabras.

RESUMEN

La Ciudad de México (CDMX) tiene una mala calidad de aire y se encuentra entre las ciudades más contaminadas (OMS en Torres, 2016), esto puede ocasionar enfermedades cardiopulmonares, infecciones respiratorias, cáncer de pulmón entre otras. Una alternativa no contemplada en disminuir la contaminación es la conservación de la vegetación de los bosques urbanos de Chapultepec (BC), San Juan de Aragón (BSJA) y Tlalpan (BT), ya que estos prestan servicios ambientales, disminuyen el ruido y la temperatura, y sobre todo ayudan a almacenar carbono y remoción de contaminantes (CO, NO₂, O₃ y SO₂). Debido a lo anterior es importante elegir la vegetación más idónea para eficientizar el funcionamiento eco fisiológico de los bosques. En los tres bosques se tendría que reemplazar la vegetación dañada por la contaminación; son casi 1,100 hectáreas de superficie permeable, ya que se reduce por el aumento de infraestructura en los bosques.

Se realizó el muestreo de los BC, BSJA y BT de acuerdo con UFORE (2006), con el fin de aplicar los modelos alométricos propuestos por Figueruelo y Dávila (2004), Jenkins (2003), Nowack (2002) y PAOT (2010).

Los resultados se destacan que el bosque que mayor remueve CO fue BSJA (84%), BT (58%) y BC (14%). En relación al O₃: BC (47%), BT (27%) y BSJA (8%). NO₂: BC (29%) y al final BSJA (6%). Con respecto a SO₂: 10% BC, BT con 6% y BSJA 2%. Se concluye que el BC porcentualmente remueve más contaminantes, seguido por el BT y finalmente BSJA. Los modelos de Jenkins y Nowack muestran que a mayor diámetro a la altura del pecho tendrán mayor remoción de contaminantes y carbono. El bosque que tiene mayor almacenaje de carbono es el BSJA, seguido por el BT y al final BC. Las especies que almacenan más carbono son; *Ficus sycomorus*, *Fraxinus uhdei* y *Quercus rugosa*. Es imperativo que los bosques sean conservados con la finalidad de obtener servicios ambientales.

I. INTRODUCCIÓN

La Junta de Calidad Ambiental y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) han identificado seis principales contaminantes que afectan la atmósfera y para los cuales se han establecido concentraciones máximas permisibles. Estos son: bióxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y plomo.

En la actualidad la Ciudad de México está considerada como una de las ciudades más contaminadas de Latinoamérica, en los años cuarenta se le consideraba como "la región más transparente" (Escobedo *et. al*, 1999). Las principales fuentes de emisiones de contaminantes es el creciente número de vehículos, la expansión industrial y la pobre ventilación natural en la ciudad.

Desde el 2006, el Índice Metropolitano de la Calidad de Aire (IMECA) está fundamentado a partir de la Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF009-AIRE-2006) en donde se establecen los cálculos y su difusión. El IMECA se diseñó, para cinco de los contaminantes: dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y ozono, el objetivo de la norma es informar a la población los efectos que podrían ocasionar dichos contaminantes en la salud.

En la Ciudad de México se localizan los bosques de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan entre otros parques, están considerados como los pulmones más importantes de la Ciudad por sus servicios ambientales; estos son amortiguadores de la temperatura, captadores de agua, proporcionan hábitat a la

fauna silvestre, además disminuyen la contaminación por ruido y por emisiones, la cual podría reducir directamente cuando las partículas de los contaminantes quedan atrapadas en la vegetación arbórea.

La vegetación remueve contaminantes en cierta medida absorben y almacenan carbono en especial las plantas arbóreas. Un árbol es capaz de eliminar la contaminación del aire a través de sus hojas en dos formas; la primera, mediante la absorción directa a través de las estomas, una vez dentro de la hoja, los gases se desplazan hacia los espacios intercelulares, allí pueden ser absorbidos por las películas de agua para formar ácidos o pueden reaccionar con la superficie del interior de la hoja. En la segunda, las partículas contaminantes son interceptadas y quedan en la superficie de las hojas. La partícula interceptada frecuentemente se suspende en la atmósfera por el viento, la lluvia o se deposita en el suelo cuando la hoja se desprende; por consiguiente la vegetación la retiene temporalmente.

Dada la complejidad en la constitución de los modelos que consideran variables meteorológicas como humedad relativa, radiación, velocidad del viento, estación del año, resistencia eléctrica de las moléculas que se difunden entre las diferentes capas celulares de la hoja, por ello se usaron los modelos de Jenkins *et al.* (2003), Nowack (2002) y PAOT (2010) para almacenamiento de carbono. Y Figueruelo y Dávila (2004), Jenkins *et al.* (2003) y Nowack (2002) para remoción de CO, NO₂, O₃ y SO₂.

II. ANTECEDENTES

Se ha determinado una clasificación para indicar especies herbáceas con capacidad de remover contaminantes, esta última es determinada con base en la eficiencia que presenta para la captura y el número de contaminantes que remueven. Dicha clasificación fue hecha por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA por sus siglas en Ingles), esta establece que las especies pueden causar algún problema de acuerdo con sus características, las cuales deben tratarse o evitarse en el hogar debido a su misma naturaleza, (Wolverton, 1997).

Los árboles de una ciudad pueden llegar a eliminar anualmente hasta 0.7 toneladas de monóxido de carbono, 2.1 toneladas de dióxido de azufre, 2.4 toneladas de dióxido de nitrógeno y 6 toneladas de ozono (McPherson et al, 1998).

Algunos beneficios del uso de la vegetación se encuentra la reducción de la energía eléctrica para el uso de aire acondicionado, debido a que regulan la temperatura del lugar donde se encuentran, además aportan estética a los lugares. En los lugares de trabajo se ha reportado que las personas mejoran su estado de ánimo y generan un ambiente laboral armonioso; en los hospitales las personas se recuperan más rápido en lugares donde hay presencia de árboles, también afectan el comportamiento de las personas, ya que se vuelven menos agresivas, en las carreteras generan que los conductores se sientan más seguros

y no se distraigan del camino, mejoran la calidad del aire, protegen el agua y mejoran la sustentabilidad económica (Nowack, 2002).

Se ha comprobado que los árboles grandes sanos mayores de 77 cm de diámetro a la altura del pecho eliminan aproximadamente 70 veces más contaminación al año (1,4 kg / año) que los árboles pequeños sanos de menos de 8 cm de diámetro (0.02 kg / año), (Nowack, 2002).

El programa de eliminación de la contaminación atmosférica se basa en la investigación llevada a cabo por David Nowack del Servicio Forestal de USDA. Nowack desarrolló una metodología para evaluar la capacidad de eliminación de la contaminación del aire de los bosques urbanos con respecto a contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃) y monóxido de carbono (CO); la eliminación de la contaminación está basada anualmente y en dólares estadounidenses.

Nowack estimó tasas de remoción de 10 ciudades: Atlanta, Georgia; Austin, Texas; Baltimore, Maryland; Boston, Massachusetts; Denver, Colorado; Milwaukee, Wisconsin; Nueva York, Nueva York; Filadelfia, Pensilvania; St. Louis, Missouri; y Seattle, Washington.

En West Midlands (2010) – Inglaterra se determinó una escala que establece los beneficios que genera la vegetación presente en el lugar y la alta capacidad de algunas especies de remover contaminantes y carbono. Para el secuestro de carbono se sabe que el 6% que es emitido en West Midlands es capturado, concluyendo así que la cantidad de árboles no es la suficiente para la captura de todo el carbono presente en la atmósfera. Una de las especies que tuvo mayor almacenamiento de carbono fue *Quercus* spp. con un 36% con respecto a otras especies; esta escala se determina por la capacidad de las especies en remover carbono y se clasifica en especie buena, regular y mala (Hewitt, 2010).

III. PROBLEMÁTICA

La Ciudad de México es una de las ciudades más contaminadas (OMS en Torres, 2016), por la emisión de contaminantes generados por fuentes fijas y móviles (4.5 millones de toneladas al año); el registro diario de partículas y ozono frecuentemente excede las normas de la calidad del aire. En la Ciudad de México la calidad del aire es mala debido a las actividades antropogénicas; se disminuye la calidad de vida de los seres humanos en la ciudad por el aumento de compuestos orgánicos volátiles, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono.

La contaminación atmosférica tiene efectos negativos tanto en los ecosistemas como en la salud de la población de la Ciudad de México. Está directamente relacionado con el desarrollo de enfermedades cardiopulmonares, infecciones respiratorias, cáncer de pulmón, entre otras. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que en 2010 murieron 14,734 mexicanos asociados a las altas concentraciones de partículas del aire.

Con base en lo anterior, se propone que los árboles de los bosques urbanos de la Ciudad de México, tienen la capacidad de captura de contaminantes y carbono, podrían mitigar el efecto de la contaminación del aire con plantaciones específicas que tengan mayor remoción en los bosques urbanos. Así se reducirá el ruido, el calor radiante, la temperatura y la reacción química en cadena que se da entre ellos.

IV. OBJETIVOS

General:

Determinar la cantidad de remoción de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono que proporciona la vegetación de los bosques de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan de la Ciudad de México a partir de los árboles que los conforman.

Los objetivos particulares:

1. Realizar un listado de árboles más frecuentes en los bosques urbanos.
2. Determinar un listado de especies arbóreas reportadas mundialmente con potencial de remoción de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono.
3. Comparar el listado de especies internacionales que remueven y toleran a ciertos contaminantes, con las especies existentes en los bosques urbanos de la Ciudad de México.
4. Determinar la vegetación potencialmente útil para la remoción de contaminantes de los parques urbanos de la Ciudad de México.
5. Realizar las aproximaciones de remoción de carbono y contaminantes, en algunas especies arbóreas de estos bosques de la Ciudad de México.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Contexto Jurídico de los parques urbanos.

El 19 de agosto de 2005 se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el Acuerdo por el que se establece el Sistema Local de Áreas Naturales Protegidas, como un instrumento estratégico de planeación para la conservación de los recursos naturales del Distrito Federal y Administración de Áreas Naturales Protegidas.

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SEDEMA) establece los lineamientos generales y la coordinación de las acciones en materia de protección, conservación y restauración de los recursos naturales, flora, fauna, agua, aire, suelo, Áreas Naturales Protegidas y zonas de amortiguamiento, de conformidad con el artículo 26 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal. Que adscrita a la SEDEMA se encuentra la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales, de conformidad con lo establecido en el artículo 56 del Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal y en el decreto que reforma y adiciona diversas disposiciones del Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal, publicado el 19 de mayo de 2004 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal.

La Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales tiene entre otras atribuciones, la de promover el establecimiento y administrar el Sistema Local de Áreas Naturales Protegidas, contar con Programas de Manejo, los cuales

son instrumentos de planificación y normatividad a los que se sujetará la administración y manejo de las mismas. Estos programas deberán ser publicados en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, de acuerdo con el artículo 94 de la Ley Ambiental del Distrito Federal y el artículo 48 del Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal.

Los programas de manejo contienen, entre otros aspectos, las líneas de acción, criterios, lineamientos y, en su caso, actividades específicas a las cuales se sujetarán la administración y el manejo de las Áreas Naturales Protegidas.

El 24 de octubre de 1997 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el decreto al Bosque de Tlalpan por el cual se establece como Área Natural Protegida con la categoría de Parque Urbano.

5.2. Contaminación de la Ciudad de México.

La calidad del aire en la Ciudad de México se ha deteriorado significativamente en las últimas décadas, la cual es producto de una combinación de factores naturales y sociales, también de los climatológicos y geográficos que agravan y obstaculizan la solución de la contaminación del aire. No obstante, la principal causa del deterioro de la calidad del aire son las actividades humanas, especialmente las de carácter económico (Lezama y Graizbord, 2010).

Es inaudible que la altitud en que está situada la Ciudad de México (2,240 msnm) agrava los problemas atmosféricos ocasionados por los grandes volúmenes de contaminantes (4.5 tons/año) que se emiten a la atmosfera (Figura 1). A esta altitud el contenido de oxígeno de la atmósfera disminuye un 23%, lo

que significa una menor eficiencia en los procesos de combustión de los automóviles.

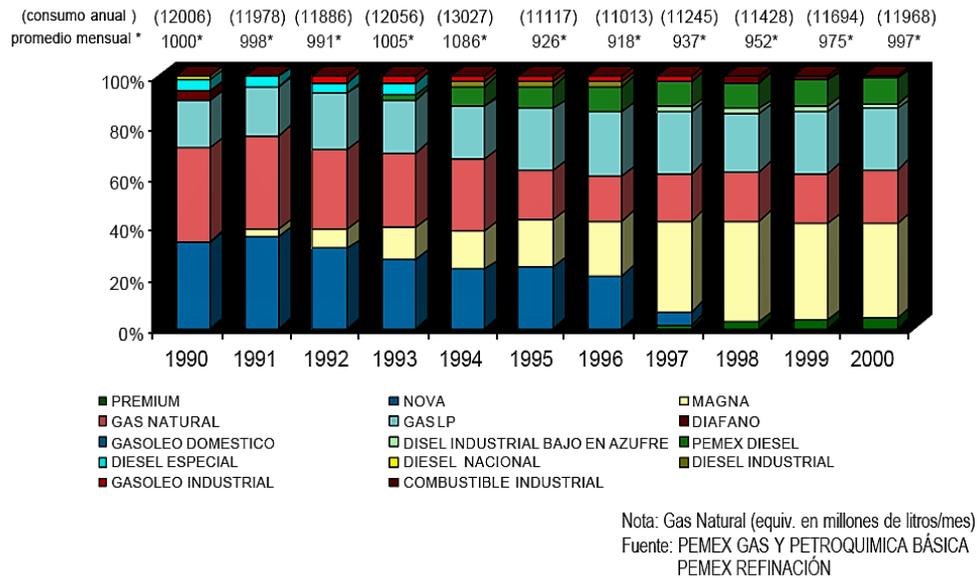
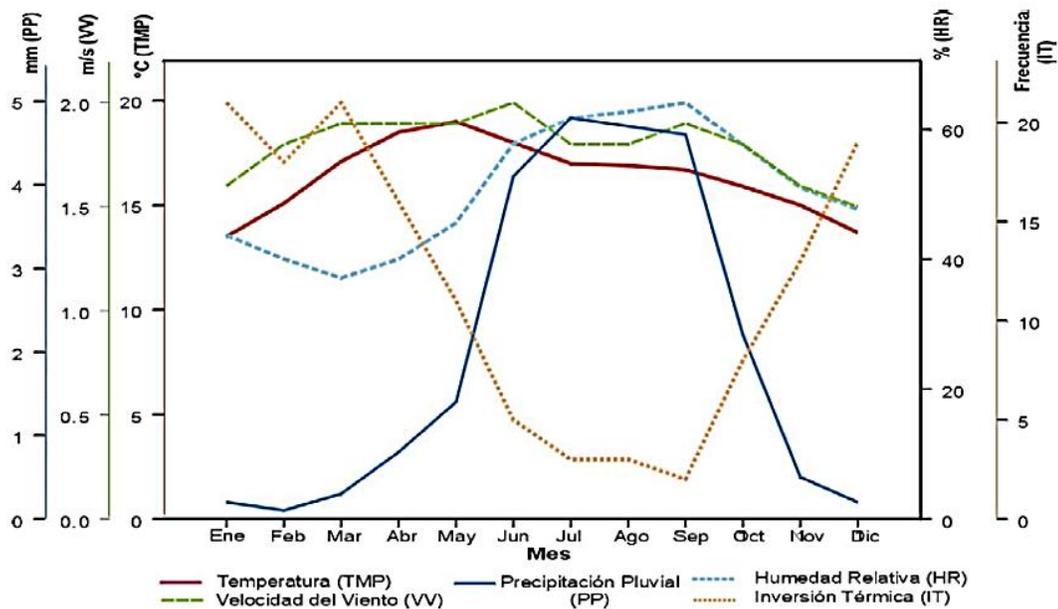


Figura 1. Consumo de combustibles en millones de litros, en la Ciudad de México y distribución por tipo de combustible (1990-2000).

La misma altitud de la ciudad provoca una gran radiación solar que facilita la formación de ozono. Alrededor de la Ciudad se encuentra un complejo sistema de montañas compuesto por la Sierra de Guadalupe al norte de la Ciudad; el Ajusco al sur; la Sierra de Santa Catarina al poniente; Cerro de la Estrella y Sierra de las Cruces en el este. Estas formas montañosas impiden una adecuada ventilación de la atmósfera, lo cual dificulta la dispersión de los contaminantes. A esto se añade la influencia del clima (Figura 2) y los depósitos en el aire, lo que genera el fenómeno de la inversión térmica y da lugar a una acumulación de contaminantes (Lezama y Graizbord, 2010).



Fuente: Datos de precipitación pluvial proporcionados por la DGCOH.
 Datos de inversión térmica proporcionados por el SMN.
 Datos de temperatura, velocidad del viento y humedad relativa proporcionados por la REDMET del SIMAT.

Figura 2. Comportamiento típico mensual de variables climáticas en la Ciudad de México (1990-2003).

5.3. Contaminantes.

En la atmósfera se encuentra una serie de compuestos que contribuyen a la contaminación del aire, de los cuales se pueden diferenciar dos grupos principales:

5.3.1. Contaminantes primarios.

Son los vertidos directamente a la atmósfera por alguna fuente de emisión como chimeneas, automóviles, entre otros. Algunos de estos contaminantes son:

5.3.1.1. Monóxido de Carbono.

Es el más abundante en la capa inferior de la atmósfera. Se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono. Es un gas inestable que se oxida generando dióxido de carbono, alrededor del 70% del CO proviene de los vehículos. Estudios de laboratorio han demostrado efectos fatales, es decir la reducción del tiempo de vida de los humanos, en algunos casos se presentan los ataques de angina de pecho. En altas concentraciones (Figura 3) inhabilita el transporte de oxígeno hacia las células; si se expone prolongadamente puede provocar mareo, dolor de cabeza, inconsciencia e incluso la muerte.

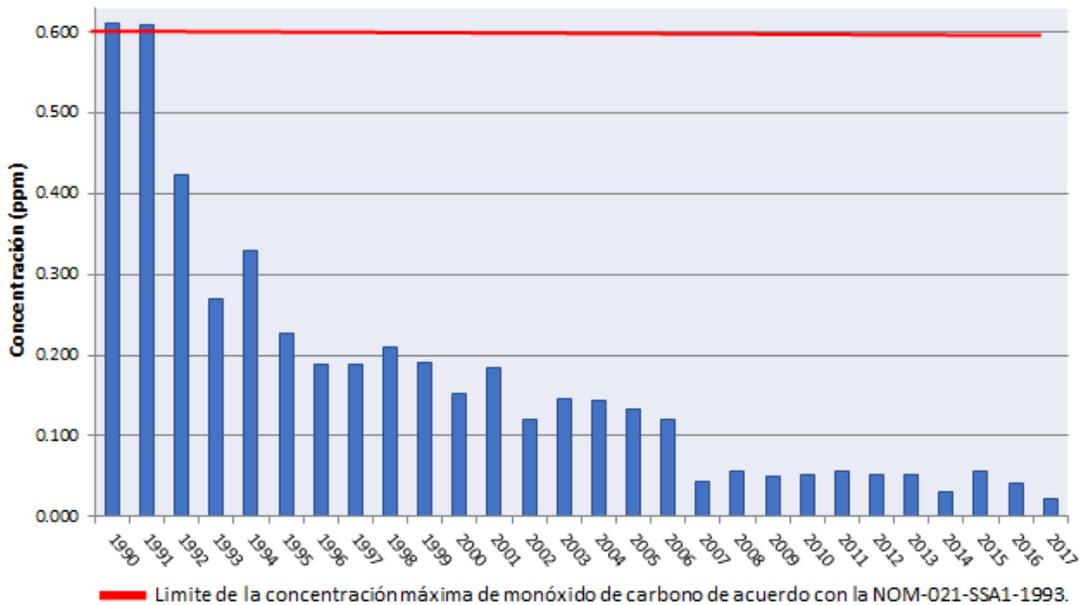


Figura 3. Registro histórico de la concentración de monóxido de carbono en la Ciudad de México (1990-2017). Datos obtenidos de la Dirección de Monitoreo Atmosférico.

5.3.1.2. Óxidos de azufre.

De acuerdo con el inventario de emisiones 2014 (SEDEMA, 2016), en la zona metropolitana se arrojan cada año a la atmósfera 1,696 toneladas de este contaminante (Figura 4), de las cuales el 68% son emitidas por la industria. El dióxido de azufre es un precursor del ácido sulfúrico (H_2SO_4) y desempeña un papel importante en la química de los aerosoles.

La neutralización del ácido sulfúrico por el amoníaco o algunos minerales del polvo del suelo contribuye a la concentración de partículas finas. Debido a que el dióxido de azufre es soluble en agua, durante la respiración se disuelve y oxida en las membranas mucosas de la nariz y el tracto respiratorio, provocando irritación en esas zonas.

Una alta concentración de este contaminante puede dañar los pulmones. A concentraciones mayores a 1.5 ppm se pueden presentar constricción bronquial e infecciones respiratorias (Jacobson, 2012). La exposición de largo plazo se asocia con problemas en la función respiratoria y otros problemas respiratorios.

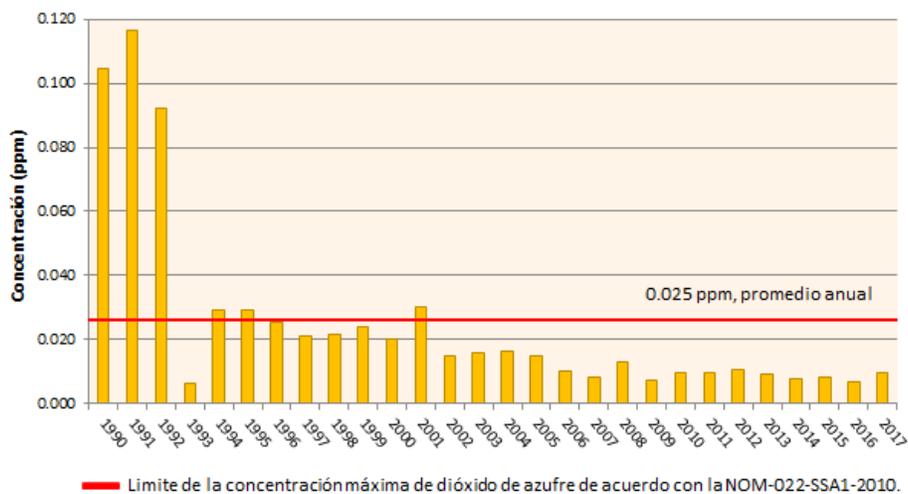


Figura 4. Registro histórico de la concentración de dióxido de azufre en la Ciudad de México (1990-2017). Datos obtenidos de la Dirección de Monitoreo Atmosférico.

5.3.1.3. Óxidos de nitrógeno.

Son compuestos con alta capacidad contaminante de la atmósfera terrestre (Figura 5). Estos óxidos, principalmente NO y NO₂, se denominan NO_x, debido a la gran transformación mutua en presencia del oxígeno del aire. El óxido nítrico se deriva de los procesos de combustión, es un contaminante primario y juega un doble papel en materia ambiental, ya que se le reconocen efectos potencialmente dañinos de manera directa, al mismo tiempo que es uno de los precursores del ozono y otros oxidantes fotoquímicos. Este compuesto irrita las vías respiratorias, en altas concentraciones puede provocar bronquitis y neumonía.

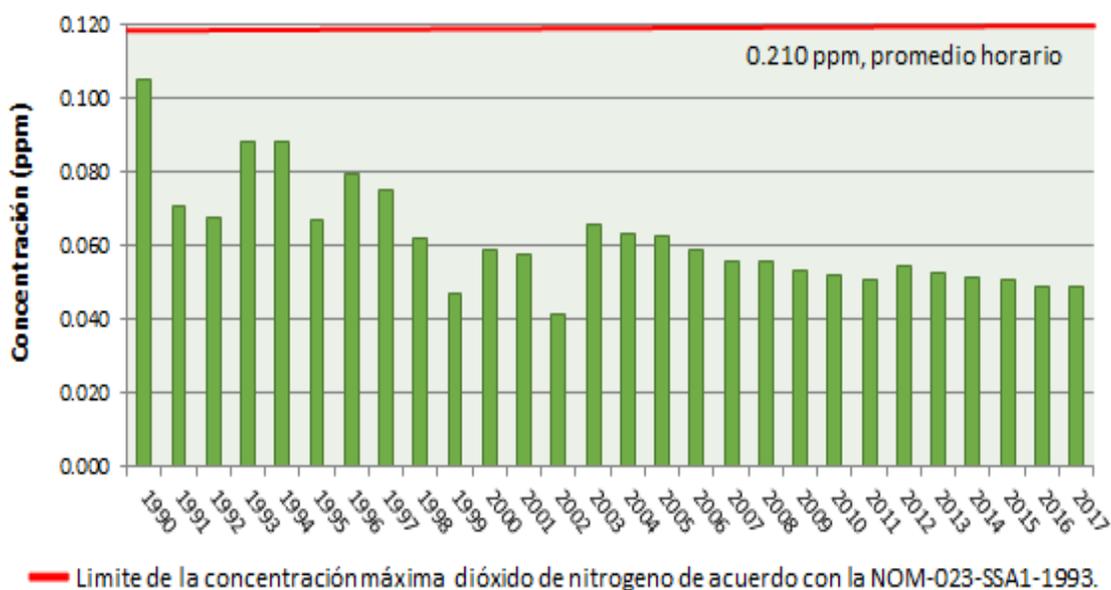


Figura 5. Registro histórico de la concentración de dióxido de nitrógeno en la Ciudad de México (1990-2017). Datos obtenidos de la Dirección de Monitoreo Atmosférico.

Es precursor del ácido nítrico, que desempeña un papel importante en la formación de la lluvia ácida y en la producción de aerosoles secundarios. La fuente más importante de dióxido de nitrógeno es la oxidación del óxido nítrico. La

quemado de combustibles fósiles y de biomasa produce una pequeña cantidad de dióxido de nitrógeno, entre el 5% y el 15% de los óxidos de nitrógeno totales (NO_x). De acuerdo con el inventario de emisiones más reciente (SEDEMA, 2016).

Anualmente se emiten 138,454 toneladas de óxidos de nitrógeno, de las cuales el 78% son emitidas por el parque vehicular. En concentraciones elevadas el dióxido de nitrógeno puede provocar daño en los pulmones e incrementar las infecciones respiratorias. Sin embargo, la evidencia epidemiológica sugiere que la exposición a las concentraciones típicas encontradas en el ambiente tiene poco impacto en la salud. Los niños y asmáticos son los más sensibles a las enfermedades asociadas con altas concentraciones del contaminante. La exposición a concentraciones mayores a 80 ppb puede provocar dolor de garganta, resfriados y ausentismo escolar. Una exposición entre 300 y 800 ppb puede reducir la capacidad pulmonar en alrededor de 10%. El NO_2 puede activar el asma a través del daño o irritación y sensibilizar los pulmones, haciendo más susceptible a la respuesta alérgica (Jacobson, 2012).

5.3.2. Contaminantes secundarios.

Son los contaminantes originados en el aire como consecuencia de la transformación y reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera. Un ejemplo de estos contaminantes es: ozono.

5.3.2.1. Ozono.

Es un componente natural en la atmósfera cuya concentración se incrementa con la altitud. La mayor parte de ozono se produce cuando los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles reaccionan en la

atmósfera, en presencia de luz solar. Las fuentes antropogénicas más importantes son las emisiones vehiculares, industriales y solventes químicos. El nivel máximo de ozono (Figura 6) que se puede alcanzar en la atmósfera contaminada depende de las concentraciones absolutas de COV's y de NO_x, y de su proporción.

Numerosos estudios indican que la exposición al ozono puede ocasionar inflamación pulmonar, depresión del sistema inmunológico frente a infecciones pulmonares, cambios agudos en la función, estructura y metabolismo pulmonar, y efectos sistemáticos en órganos blancos distantes al pulmón, como por ejemplo el hígado.

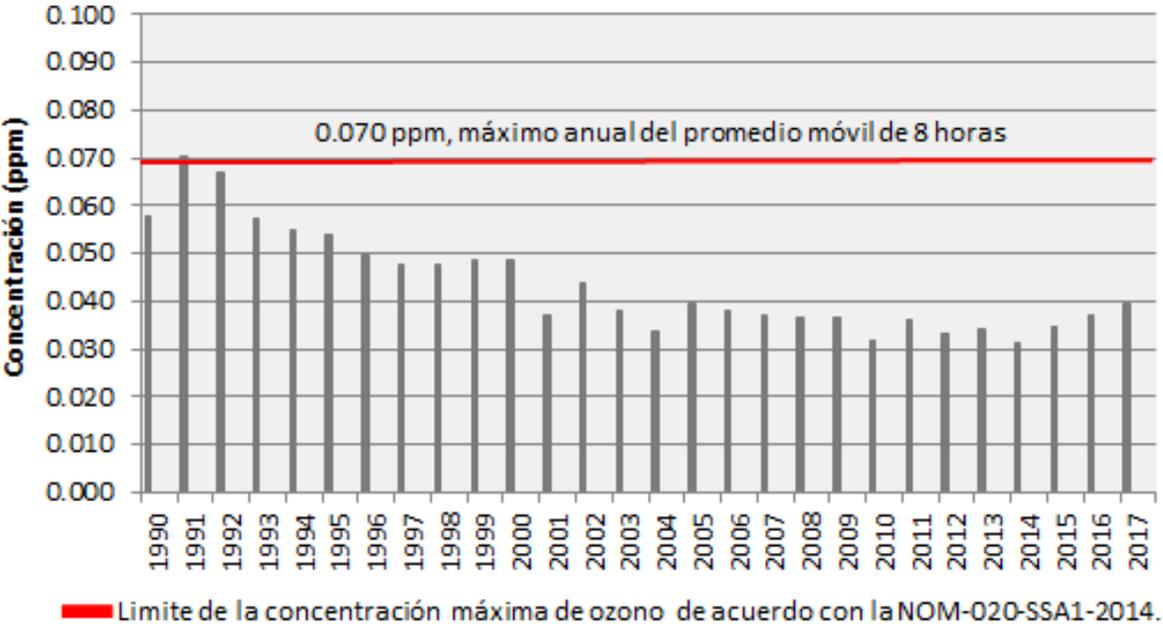


Figura 6. Registro histórico de la concentración de ozono en la Ciudad de México (1990-2017). Datos obtenidos de la Dirección de Monitoreo Atmosférico.

El monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y el ozono, son algunos de los principales contaminantes que afectan a la salud humana y a los ecosistemas, los cuales son denominados contaminantes criterio.

5.4. Beneficios de los bosques urbanos.

Las áreas verdes urbanas poseen un elevado potencial de beneficios para sus habitantes tanto directos como indirectos, que pueden ayudar a solucionar muchos de los problemas relacionados con las aglomeraciones urbanas o la vida en sociedad. Son una fuente de costes, ya que pueden disminuir el consumo de energía eléctrica para el aire acondicionado, aportan sombra, reduce temperatura y ruido, son captadores de agua, incrementan el estado de ánimo de las personas, hay menos violencia en los vecindarios que cuentan con áreas verdes, albergan fauna silvestre y sobre todo remueven partículas de contaminantes.

Pueden reducir en cierta medida algunos contaminantes, estos reducen directamente cuando las partículas de polvo y humo quedan atrapadas en la vegetación. Además, las plantas absorben gases tóxicos, especialmente aquellos originados por los escapes de los vehículos y que constituyen una gran parte del denominado smog urbano.

5.5. Estructura interna de hoja vs captura de contaminantes.

Las estructuras de una hoja que interviene en la captura, depósito y translocación de las partículas o gases, son los tricomas y las cavidades estomáticas (Figura 7), los contaminantes se filtran en los tejidos, una vez dentro de la hoja, los gases difusos entran en los espacios intracelulares y pueden ser absorbidos por películas de agua formando ácidos o, reaccionar con las superficies internas de la hoja (Smith, 1990).

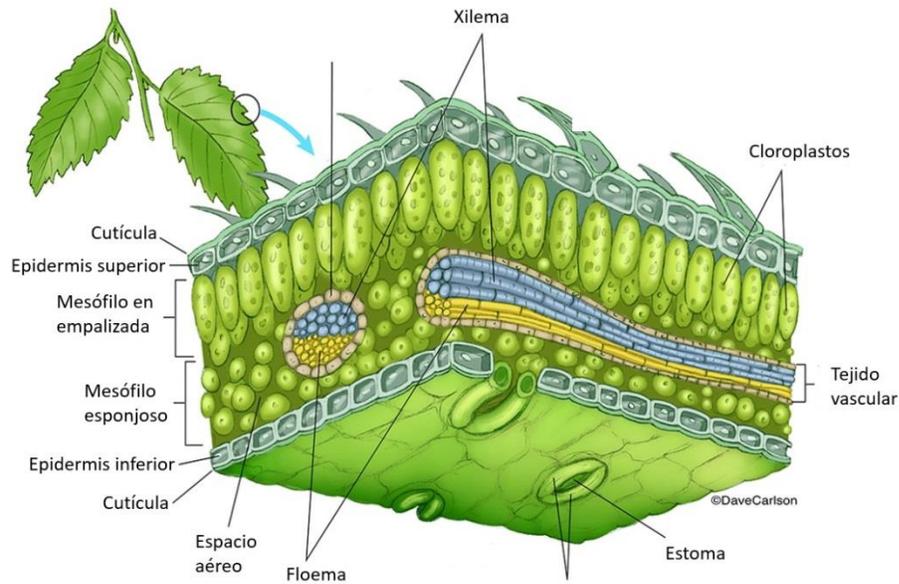


Figura 7. Estructura de la hoja (Tomada de Carlson Stock Art, 2018).

Las partículas de cementeras, hollín, polvos industriales y partículas de neumáticos (azufre, óxido de zinc, hidrógeno, cadmio, aditivos, hierro, halógenos, polisoprenos y ácido esteárico), todas ellas caen sobre las hojas y se desliza por el viento y lluvia.

Las partículas de zinc, cadmio y cobalto producen clorosis intervenal seguido de un enrojecimiento y amarillento de las hojas de los árboles (abeto, betula, fresno y pino).

VI. ÁREAS DE ESTUDIO

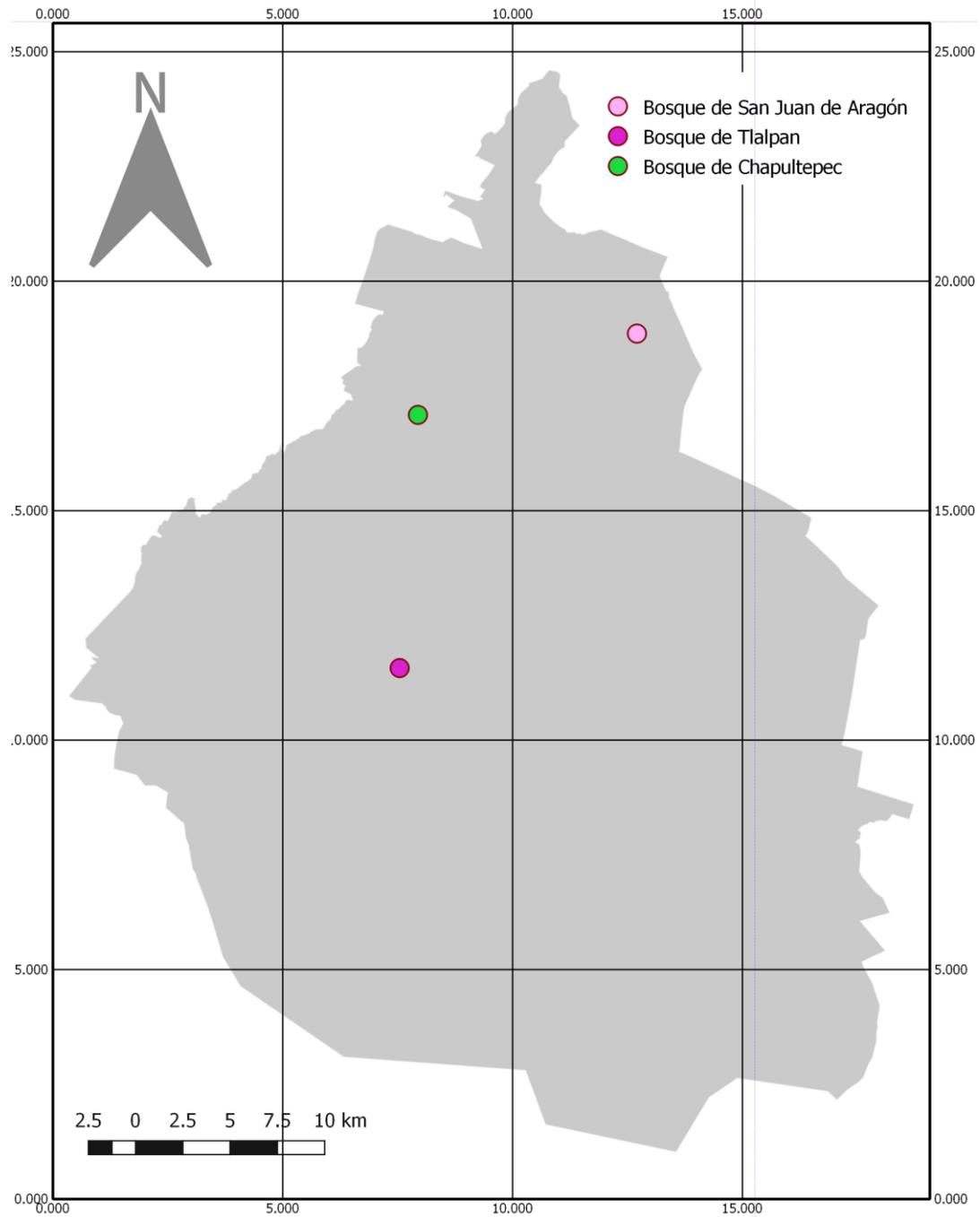


Figura 8. Mapa de la Ciudad de México con la ubicación de los bosques urbanos de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan.

6.1. Bosque de Chapultepec (BC).

El Bosque de Chapultepec (Figura 9) cuenta con 686.05 hectáreas, es el parque urbano más grande de América Latina recibe 15 millones de visitantes por año, está dividido en tres secciones.

La Primera Sección, considerada la parte histórica, ocupa 274.08 hectáreas de las cuales 182 corresponden a áreas verdes. Posee 12 accesos, dos kioscos de alimentos, dos lagos, cinco museos, un zoológico, un jardín botánico, dos centros culturales, un centro de atención a los adultos mayores, un espacio para eventos masivos, 19 fuentes y un aproximado de 55 mil árboles entre los que predominan el cedro, el trueno y el ahuehuete.

La Segunda Sección fue inaugurada en 1964, su vocación es recreativa, cuenta con una superficie de 168.03 hectáreas. Es un espacio abierto que tiene seis accesos, tres restaurantes, cuatro museos, un centro de diversiones, 14 fuentes y un aproximado de 17 mil 500 árboles entre los que predominan el eucalipto, el trueno y el cedro.

La Tercera Sección fue inaugurada en 1974, su vocación es ambiental, en 1992 fue decretada Área Natural Protegida. Cuenta con una superficie de 243.90 hectáreas de las cuales 137.71 hectáreas son de barrancas, es la zona menos conocida del Bosque. Tiene un estimado de 85 mil 550 árboles entre los que predominan el eucalipto y el pino. (SEDEMA, 2013)

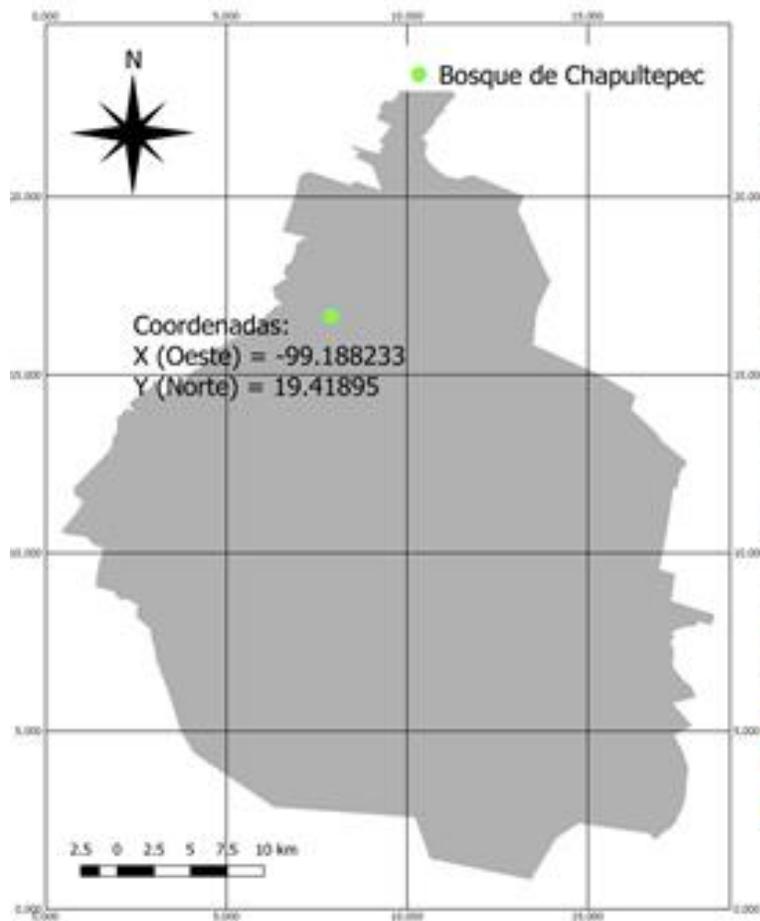


Figura 9. Mapa de la Ciudad de México con la ubicación del Bosque de Chapultepec.

Ecología.

Con 686 hectáreas es considerado el pulmón de la Ciudad de México, ya que representa el 52% de las áreas verdes. A través del bosque se recargan los mantos acuíferos de la ciudad lo que ayuda a evitar hundimientos y a que subsistan las especies del bosque.

Chapultepec constituye casi la mitad de las áreas verdes de la Ciudad de México, es una joya natural. El Bosque fue planeado como parque público a través de la historia. Los Ahuehuetes son la especie vegetal más famosa de Chapultepec. El Sargento o Centinela, apodado así por los cadetes del Colegio Militar, es un monumento vegetal que muestra la grandiosidad de estos árboles, considerados sagrados por los antiguos indígenas. El Tlatoani, otro Ahuehuete, tiene más o menos 700 años y es el habitante más antiguo del Bosque.

Flora y fauna.

Chapultepec fue un islote que sobresalía desde un enorme lago; es un importante punto de referencia por ser la única elevación importante dentro del Valle.

Además de ahuehuetes en Chapultepec hay 42 especies vegetales más: fresnos y truenos, cedros, secuoias, álamos, palmeras, ailes, pinos, ginkgos, sicomoro, liquidámbar. El Jardín Botánico está cubierto con una estructura de fierro y vidrio y resguarda una colección de flores de ornato, suculentas, orquídeas y cactáceas. En el zoológico también hay una isla de cactáceas.

A pesar de ser el área verde más importante y grande dentro de la capital, no opera con su máxima eficacia; los proyectos de reforestación, a lo largo de los años, sin la correcta planeación han aumentado la densidad. Además, la

presencia de plagas, y la competencia afectan la vida de casi todos los seres vivos de Chapultepec.

Servicios Ambientales del Bosque de Chapultepec.

El Bosque de Chapultepec es considerado el pulmón de la Ciudad de México por sus servicios ambientales, como la limpieza del aire, amortiguación del ruido, recarga de los mantos acuíferos, refugio de aves migratorias y albergue de fauna nativa. Es el área verde urbana más importante de la República Mexicana.

Conservación del bosque de Chapultepec.

El Plan Maestro ha declarado la Primera Sección del Bosque, para que su función como sanadora y oxigenadora del aire se cumpla con mayor eficiencia; para ello se han retirado árboles y ramas muertas, se han eliminado los árboles más débiles y de menor densidad lo que permite el paso de luz y agua al suelo, favoreciendo la propagación de otras plantas y flores, donde se criarán insectos benéficos que controlarán algunas plagas. Una tercera parte de los árboles, completamente sana, quedó sin tocarse, sólo se puso abono en el suelo bajo la copa. Se realizó el saneamiento de lagos y fuentes. En estanques y lagos hay tres clases de peces: carpas, charales y mexalpiques, los dos últimos son endémicos. La oxigenación a través de una cascada y de fuentes flotantes y el desazolve del lago permitirán su reproducción.

Otra de las medidas propuestas es el control de plagas o de especies sobrepobladas. Estas medidas permitirán un equilibrio entre la flora y la fauna que beneficiarán a 51 especies de aves, mamíferos y peces. Palomas, patos, zanates que viven de los restos comestibles y los 175 m³ de basura que se producen cada semana; igual que ratas, ratones y ardillas serán reubicados o exterminados, son nocivos por su número y por su agresividad hacia otras especies; no se pretende eliminarlos del todo, sino reducirlos. Abundan sobre todo alrededor del Castillo y los lagos, donde hay más habitantes. Los patos serán reubicados. Se mandarían a albergues las docenas de perros abandonados por sus dueños, que deambulan en el Bosque, sobreviviendo también de la basura.

6.2. Bosque de San Juan Aragón (BSJA).

El BSJA es un área verde de alta importancia dentro de la Ciudad de México. Está ubicado en el noreste de la capital, cerca del borde de la alcaldía Gustavo A. Madero (Figura 10).

El parque fue inaugurado en el año de 1964 y es la segunda área verde más grande de la Ciudad de México, con un tamaño de 162 hectáreas; de las cuales el 70% son áreas verdes. El otro 30% es destinado a diversas actividades culturales y recreativas que incluyen: un lago, un centro de convivencia infantil, una pista para patinar, teatro al aire libre, una sala de proyecciones y un balneario. El lago está poblado por aves migratorias con destino a la zona de Texcoco, siendo principalmente patos.

Es visitado por aproximadamente 3.5 millones de personas al año. El BSJA cuenta con tres gimnasios al aire libre y con una pista cíclica de 1200 m, que a su vez se divide en dos partes: una de tezontle y otra de asfalto.

Hidrología.

El bosque cuenta con un lago artificial. Se localiza en la zona centro del conjunto, comprende la vía del tren escénico, estación del tren y embarcadero, comprende una extensión de 12.39 (7.6% de la superficie total).

Geología.

El BSJA se extiende en la meseta central de la Ciudad de México por lo que el bosque no tiene pendientes mayores a 5 cm en su superficie.

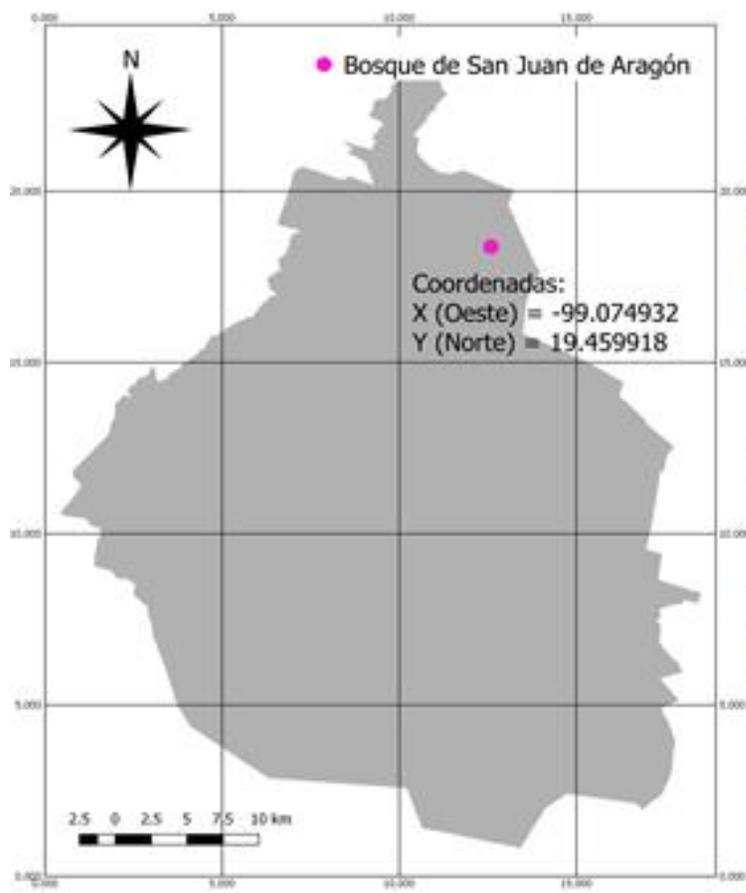


Figura10. Mapa de la Ciudad de México con la ubicación del Bosque de San Juan de Aragón.

Suelo.

Este bosque está declarado como área verde de valor ambiental y la superficie de suelo de conservación como área natural protegida, es completamente un área de vegetación reminiscente con baja densidad arbórea. Es el único sitio en el que se tiene registrado que el almacenamiento de carbono presenta menos de 25 toneladas por hectárea, que es el rango más bajo registrado en el suelo de conservación (PAOT, 2009).

Clima.

Cuenta con un clima semiseco-templado con una temperatura media anual de 16°C. La temperatura más alta, mayor a 25°C, se presenta en los meses de Marzo a Mayo y la más baja, alrededor de 5°C, en el mes de Enero.

Flora y Fauna.

Alberga varios grupos taxonómicos de animales, los más representativos son aves, las cuales contribuyen en la polinización y la dispersión de las semillas de las plantas y ejercen una fuerte influencia en la composición biológica en los sistemas, además son indicadores de salud ambiental.

Está conformado por eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis* y *E. globulus*) y casuarinas (*Casuarina equisetifolia*), que son especies con gran capacidad de desarrollo en casi cualquier tipo de suelo, y que en ese momento lograron cumplir

los objetivos de crear un bosque rápidamente. También se incorporaron algunas otras especies en menor número como los pirules, fresnos y truenos. Sin embargo, estas especies a pesar de haber alcanzado gran talla, han estado sometidas sobre todo en los últimos años, a una fuerte presión ambiental (SEDEMA, 2012).

6.3. Bosque de Tlalpan (BT).

Es una Área Natural Protegida con una extensión de 252 hectáreas, se sitúa al sur de la Ciudad de México (Figura 11). Es considerado un bosque con una gran importancia biológica, ya que en su superficie se garantiza la conservación y protección de servicios ambientales como es la captura de carbono, la infiltración de agua, el control de la erosión y la conservación de las especies de flora y fauna nativas de la reserva ecológica de San Ángel. Aunque el área fue reforestada con especies exóticas, se pueden encontrar relictos con vegetación de encinos y matorral xerófito, propios de dicha reserva.

Se han registrado alrededor de 206 especies de flora, entre la que destacan aquellas con estatus de protección, como son el colorín, fresno, palmita y una especie de orquídea (*Bletia urbana*) y se han encontrado 134 especies de fauna, entre las que se encuentran el cincuate, gavilán pechirrufo y la víbora de cascabel.

Fisiografía y topografía.

Presenta un relieve ondulado en el 90% de su superficie con pendientes suaves, desde 0% en sus extremos sur-suroeste y nor-noreste, hasta el 19% en su parte central. La superficie restante, es ligeramente accidentada con pendientes hasta del 100 % en los parajes conocidos como El Mirador y Piedra de los Sacrificios. El promedio de la inclinación registrada corresponde al 7%.

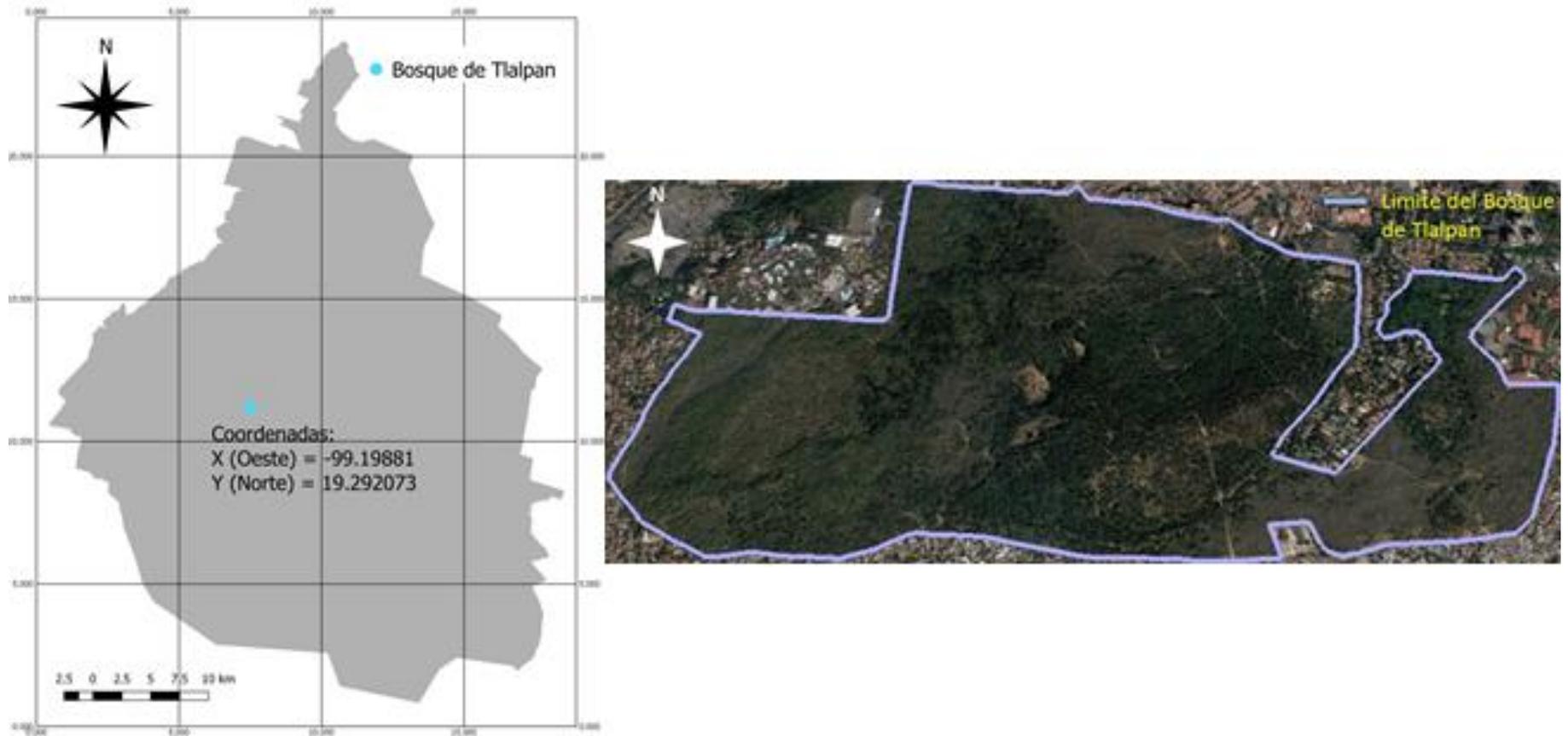


Figura 11. Mapa de la Ciudad de México con ubicación del Bosque de Tlalpan.

Suelo.

De acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO, los suelos presentes en la mayor parte de la superficie del BT, corresponden a los del tipo Litosol como unidad edáfica primaria y Feozem háplico como sub-unidades aisladas; al norte del ANP existe una franja con una fase ligeramente salina donde predomina el Feozem háplico como unidad primaria, con algunas zonas aisladas de Feozem calcárico. En general en todos los suelos del área, la textura más frecuente es media o limosa.

Los sitios no cubiertos por lava presentan unidades de suelo Feozem (H), o suelos de “tepetate”, con horizonte A melánico; puede presentar un horizonte B cámbrico de fertilidad moderada a alta, con material calcáreo en todo el suelo. Estos suelos en lo general son de fertilidad alta.

Clima.

El tipo de clima en el bosque de Tlalpan es templado húmedo intermedio con lluvias en verano; verano fresco y de larga duración, con porcentaje de lluvia invernal al 5 de la precipitación anual y oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5°C y 7°C.

Vegetación y flora.

Actualmente el territorio que comprende el bosque de Tlalpan se encuentra cubierto por tres tipos principales de vegetación que de acuerdo con su fisionomía, composición florística y origen, se definen como: matorral xerófilo, bosque de encino (*Quercus rugosa*, *Q. laurina*, *Q. castanea*, *Q. crassipes*, *Q. laeta*, *Q.*

mexicana y *Q. obtusata*., especies introducidas: *Quercus rugosa*, *Q. laurina*, *Q. castanea*, *Q. crassipes*, *Q. laeta*, *Q. mexicana* y *Q. obtusata*) y bosque cultivado (*Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., *Cupressus* spp., *Acacia retinoides*, *Acacia longifolia*, *Ligustrum lucidum*, *Acer negundo*, *Fraxinus udhei*, *Morus celtidifolia*, *Prunus serotina* y *Crataegus pubescens*).

VII. MÉTODO

Se eligieron los parques urbanos (Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan) para realizar el censo arbóreo por la relevancia que tienen en superficie y para determinar el potencial que tienen sus especies arbóreas mexicanas para captar gases y metales pesados.

Se elaboró un listado de especies arbóreas de los bosques urbanos de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan, diferenciando especies arbóreas caducifolias y perennifolias, de ellas por especie arbórea censadas, se eligió el modelo alométrico que más ajustará en su relación al diámetro normal, para determinar su almacenamiento de carbono y para capacidad de remoción CO, NO₂, O₃ y SO₂.

De acuerdo con lo anterior, se aplicó una metodología descrita por Nowack *et al.*, 2005, en "*El Modelo de Efectos Forestales Urbanos (UFORE): Manual de recolección de datos de campo*" con la finalidad de determinar los procedimientos de campo y de gabinete para aplicar las ecuaciones alométricas, para captura de carbono propuestas por Jenkins *et al.* (2003), Nowack (2002), y PAOT (2010). De igual forma se utilizaron los modelos propuestos para remoción de contaminantes propuestos Jenkins *et al.* (2003) y Nowack (2002) y para velocidad de depósito Figueruelo y Dávila (2004).

Como resultado de la comparación de los listados de especies se visitó cada bosque para corroborar que las especies reportadas en la lista aun existan,

para identificarlas, se apoyó en las fichas de CONABIO. Para el muestreo se hicieron círculos de 25 m de diámetro, se tomaron las coordenadas de cada círculo, se comenzaron a tomar las medidas de diámetro a la altura del pecho (1.30 m) y altura de los individuos, de las especies arbóreas seleccionadas.

Con la ayuda de la aplicación de calidad del aire de la Ciudad de México del gobierno de la ciudad, se registró CO, NO₂, O₃, SO₂ con dos horas de intervalo hasta el final del muestreo. La red automática de monitoreo atmosférica en relación a cada bosque urbano y a la parcela de muestreo con un total de 0.2463 hectáreas por parque. Por su parte las alturas totales y fustales se realizaron con la aplicación Deskis y los diámetros basales con bitterlich relascope. La superficie muestrea al azar fue de 2,463.02 m² en cada parque urbano.



Figura 12. Trazo del círculo de muestreo y colecta de datos dasométricos.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. LISTA INTERNACIONAL DE ESPECIES ARBÓREAS QUE REMUEVEN CONTAMINANTES.

Las especies que están dentro de la clasificación de las mejores especies (UTQAS, Hewitt, 2010) para la remoción de partículas y gases son: Pino, Aliso común, Arce noruego, Arce de campo, Fresno y Abedul; se les atribuye que tienen mayor biomasa por lo tanto les permite incrementar la captura de gases; y a su morfología que en algunos casos tiene la ventaja de emitir menos compuestos orgánicos volátiles.

Tabla 1. Lista internacional de especies arbóreas que remueven contaminantes.
(Hewitt, 2010).

Especies que eliminan mayor cantidad de contaminantes sin contribuir a la formación de nuevos compuestos orgánicos volátiles.	
Abedul (<i>Betula</i>)	Tolerante a cloruro de cadmio en suelo. Tolera dióxido de azufre, 150 mg/m ³ por 15 semanas. Tolera la sombra, sequía, inundación, deficiencia mineral y baja temperatura.
Alerce (<i>Fitzroya cupressoides</i>)	
Aliso común (<i>Alnus glutinosa</i>)	Es muy tolerante a cadmio, plomo y zinc (polvo). Disminuye su altura con el aumento de emisiones de polvos industriales.

Continúa Tabla 1.

Arce de campo (<i>Acer campestre</i>) Arce noruego (<i>Arce noruego</i>)	Tolera cloruro de cadmio en suelo, 100 mg/g. Tolera dióxido de azufre, 150 mg/m ³ por 15 semanas.
Fresno (<i>Fraxinus uhdei</i>)	Tolera la sombra, sequía, inundación, deficiencia mineral y baja temperatura.
Pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>)	Tolera 500 mg/m ² de fluro. Tolera dióxido de azufre 2,620 mg/m ³ .
Se tendrían que plantar grandes cantidades (Almacenan carbono).	
Robles (<i>Quercus spp.</i>)	Tolera ácido clorhídrico, cloruro de amonio y cloruro de zinc. Tolera sequía, estrés, inundación, temperaturas extremas y enfermedades.
Sauces (<i>Salix</i>)	Tolera la sombra, sequía, inundación, deficiencia mineral y baja temperatura.

En West Midlands la especie que tuvo mayor almacenaje de carbono fue el *Quercus spp.* con un 36% respecto a otras especies (que se encuentran en la tabla 1) debido a que los árboles son grandes y su crecimiento es lento por lo que ha tomado más tiempo en almacenar carbono (Hewitt, 2010).

Tomando como referencia la tabla 1 se pueden utilizar las especies en los bosques urbanos de la Ciudad de México para la remoción de los contaminantes y carbono, pero se tienen que tomar en cuenta las condiciones climáticas de cada bosque para realizar una selección de especies que sean las adecuadas para estos.

8.2. Comparación de especies arbóreas presentes en México a las reportadas a nivel mundial que ayudan a la remoción de contaminantes.

En la tabla 2 se pueden observar una comparación de las especies reportadas a nivel mundial y las especies iguales o similares que se presentan en México, para la remoción de contaminantes. Las especies comunes que se encuentran en los BC, BSJA y BT son: *Persea americana*, *Alnus* spp., *Prunus* spp., *Quercus* spp., *Fraxinus* spp., *Ligustrum lucidum*, *Ulmus* spp., *Thuja* spp. y *Pinus* spp, estos remueven ozono, dióxido de azufre, dióxido de azufre, peroxiacetilnitrato y fluoruro de hidrógeno.

Tabla 2. Comparación de las especies arbóreas presentes en México a las reportadas a nivel mundial (Calva *et al.*, 1990).

Organismo reportado a nivel mundial	Organismo presente en México	Contaminante que remueve
<i>Abies alba</i>	<i>Abies religiosa</i>	Dióxido de azufre
<i>Abies concolor</i>	-----	SO ₂ O ₃ PAN
<i>Acer platanoides</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	SO ₂ O ₃ PAN
<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Ailanthus</i> spp.	HF
<i>Alnus</i> spp.	<i>Alnus</i> spp.	HF
<i>Betula alba</i>	<i>Betula</i> spp.	PAN

Continúa Tabla 2.

<i>Betula pendula</i>	-----	O ₃
<i>Ceanothus sanguineus</i>	<i>Ceanothus</i> spp.	SO ₂
<i>Cornus florida</i>	<i>Cornus</i> spp.	O ₃
<i>Crataegus douglasii</i>	<i>Crataegus mexicana</i>	SO ₂
<i>Cotoneaster horizontalis</i>	<i>Cotoneaster panosa</i>	HF
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Fagus</i> spp.	O ₃ NO ₂
<i>Fraxinus americana</i>	<i>Fraxinus americana</i>	PAN
<i>Ginkgo biloba</i>	<i>Ginkgo biloba</i>	SO ₂ NO ₂
<i>Gleditzia</i> spp.	<i>Gleditzia</i> spp.	HF
<i>Ilex aquifolium</i>	<i>Ilex</i> spp.	O ₃
<i>Junglans nigra</i>	<i>Junglas</i> spp.	O ₃
<i>Juniperus communis</i>	<i>Juniperus</i> spp.	SO ₂
<i>Juniperus conferta</i>	-----	NO ₂
<i>Juniperus virginiana</i>	-----	HF
<i>Ligustrum</i> spp.	<i>Ligustrum</i> spp.	HF
<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>	HF PAN
<i>Persea americana</i>	<i>Persea americana</i>	O ₃

Continúa Tabla 2.

<i>Pinus</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.	NO ₂ SO ₂ PAN O ₃
<i>Platanus acerifolia</i>	<i>Platanus mexicana</i>	SO ₂ HF
<i>Platanus occidentalis</i>	<i>Platanus occidentalis</i>	HF
<i>Populus balsamifera</i>	<i>Populus balsamifera</i>	HF
<i>Populus canadensis</i>	<i>Populus canadensis</i>	SO ₂
<i>Prunus armeniaca</i>	<i>Prunus</i> spp.	O ₃
<i>Pyracantha coccinea</i>	<i>Pyracantha coccinea</i>	O ₃ HF
<i>Pyrus</i> spp.	<i>Pyrus</i> spp.	O ₃ HF
<i>Quercus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	PAN O ₃ HF SO ₂ NO ₂
<i>Rhododendron carolinianum</i>	<i>Rhododendron</i> spp.	O ₃
<i>Rosa woodsii</i>	<i>Rosa</i> spp.	O ₃
<i>Salix babilónica</i>	<i>Salix babilonia</i>	HF
<i>Sambucus nigra</i>	<i>Sambucus mexicana</i>	NO ₂
<i>Sequoia sempervivens</i>	<i>Sequoia sempervivens</i>	O ₃
<i>Thuja occidentalis</i>	<i>Thuja occidentalis</i>	PAN O ₃ HF SO ₂
<i>Thuja plicata</i>	<i>Thuja plicata</i>	SO ₂
<i>Tilia americana</i>	<i>Tilia</i> spp.	PAN O ₃

Continúa Tabla 2.

<i>Tilia cordata</i>	-----	O ₃ SO ₂
<i>Ulmus americana</i>	<i>Ulmus spp.</i>	HF

HF= Fluoruro de hidrógeno O₃= Ozono SO₂=Dióxido de azufre

NO₂= Dióxido de nitrógeno PAN= Peroxiacetilnitrato

8.3. FRECUENCIAS RELATIVAS DE ESPECIES REGISTRADAS EN LOS BOSQUES URBANOS

La especie con más frecuencia en los tres bosques urbanos es el *Cupressus spp.* con un 22% en BC, BSJA y BT (Figura 13). Con respecto a la caducifolia *Quercus rugosa* apareció con un 5% y *Ficus spp.* con 12%, la Agencia de Protección al Ambiente ha determinado una clasificación para indicar con capacidad de remover contaminantes dentro de las cuales se encuentra el *Ficus robusta*, dicha especie es eficaz en la eliminación de formaldehído (Wolverton, 1997). La especie de menor presencia fue *Taxodium mucronatum* con 1%. Las especies caducas con más frecuencia, siendo el *Fraxinus uhdei* con un 96% y con 4% se encuentra el *Alnus acuminata* (Figura 14). Cabe mencionar que sólo tres especies son originarias de la Cuenca del Valle de México; *Quercus rugosa*, *Taxodium mucronatum* y *Cupressus spp.* (Calva y Corona 1990), coincidiendo con lo publicado por Benavides-Meza et al (2011).

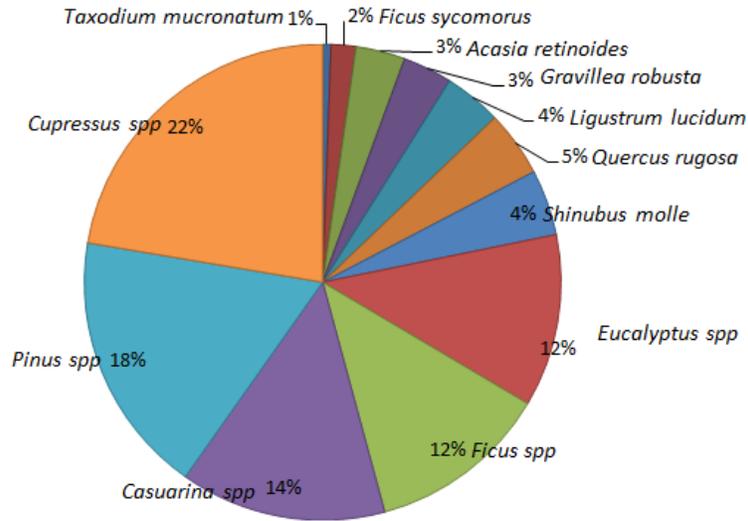


Figura 13. Frecuencia relativa de especies perennes presentes de los bosques urbanos.

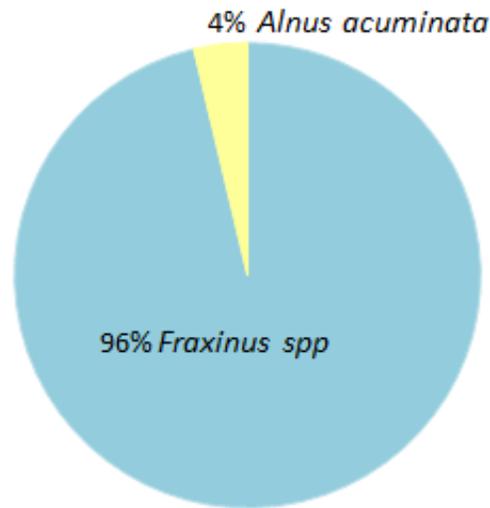


Figura 14. Frecuencia relativa de especies caducas presentes en los bosques urbanos.

La desproporción de especies se explica por diversos aspectos (costo, producción, estética o poca demanda agua) de los ocho propuestos por el proyecto y que el administrador tiene del parque (Programa de Manejo del Área de

Valor Ambiental del Distrito Federal), pese a que la norma para la recuperación de manejo y conservación de las áreas verdes propone más de 70 especies.

Las especies perennes que se registraron en el Bosque de Chapultepec son: *Ficus* (67%), *Ficus sycomorus* (9%), *Ligustrum lucidum* (9%), *Quercus rugosa* (6%), *Cupressus spp* (6%) y *Taxodium mucronatum* (3%) (Figura 15).

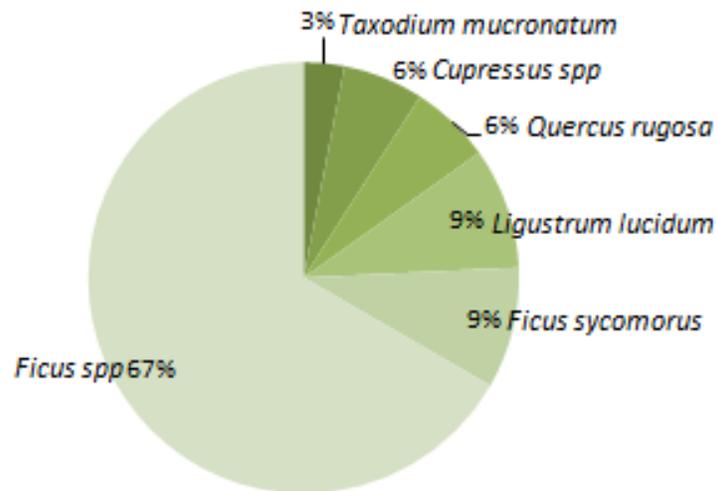


Figura 15. Frecuencia relativa de especies presentes en el Bosque de Chapultepec.

De las especies registradas en este bosque y que se reportan mundialmente como resistentes a contaminantes (Calva & Corona, 1990), son: *Quercus rugosa* (Peróxido acetyl nitrógeno, dióxido de azufre, ozono y dióxido de nitrógeno), *Alnus spp.* (Fluoruro de Hidrógeno), *Ligustrum spp.* (Fluoruro de Hidrógeno) y *Fraxinus spp.* (Peróxido acetyl nitrógeno).

La longevidad de las especies es relevante en el proceso de ser seleccionadas para la conservación de los bosques urbanos, así más tiempo de vida, más tiempo de almacenamiento de carbono. El encino y el fresno tienen un

tiempo de vida de entre 100 y 150 años, deberían plantarse en los espacios abiertos de los parques urbanos.

Las especies que no se colectaron en campo, pero que están reportadas bibliográficamente internacional son; *Pyrus* spp. (O₃ y HF), *Pinus* spp. (PAN, O₃, SO₂), *Prunus* spp. (O₃) y *Ulmus* spp. (HF), se adjunta la resistencia al contaminante (Tabla 2).

El *Alnus* spp. es de las especies tolerante al SO₂ y Fluoruros de hidrógeno, *Quercus* spp. atrapa contaminantes y su capa cerosa le da la capacidad de tener tolerancia a los fluoruros. Por revisión bibliográfica *Ligustrum* spp. es tolerante a SO₂ pero con el nitrato de peroxiacetilico retarda su crecimiento, *Fraxinus* (americana) está recomendada por su resistencia al NO₂ que es precursor de ozono en la Ciudad de México, también se recomienda para niveles bajos de contaminación (Martínez, 2008). Sin embargo, hay que dar mantenimiento a los juveniles y brízales plantados para dar más éxito de sobrevivencia para llegar a la vida adulta.

El *Fraxinus* spp. y *Alnus* spp. son removedores de contaminantes y estos no contribuyen a la formación de nuevos compuestos. A lo contrario de esto, el *Quercus* spp. tiene efectos perjudiciales a la calidad del aire, ya que ayuda a formar nuevos contaminantes y se tendría que plantar grandes cantidades de este.

El BC tiene una tradición en arboraría cultural desde los Aztecas hasta la Independencia, actualmente alberga museos (Antropología, Tamayo, Historia Natural y el del Castillo de Chapultepec) cuya relevancia turística es indiscutible, por ello se tiene que realizar la conservación de la cara vegetal con los criterios de resistencia de contaminantes, que por su eco fisiología, restaure la calidad del aire (reducción temperatura, radiación, mantenga la humedad). Existen estudios (Benavides *et al.*, 2012) que deberán ser completados con los criterios citados, y no solo los bajos costos y la estética sea el criterio prevaleciente. La visión de la arquitectura de paisaje debe ponerse en sintonía con la ecología urbana y con los árboles emblemáticos.



Figura 16. Imagen satelital del perímetro del Bosque de Chapultepec. La carpeta vegetal se muestra de color verde, café áreas ralas de vegetación, cañadas al sur ponente.

El muestreo en el área de reforestación de la segunda sección del bosque arrojó una sobre población de árboles adultos e interfirieran sus copas y aumentará la mortalidad.



Figura 17. Estado actual de los ahuehuetes cercanos al lago del Bosque de Chapultepec.

El ahuehuate árbol emblemático del bosque de Chapultepec (Figura 17), la coloración café de la copa, hace evidente que es semi caducifolio, durante su periodo de dormancia (otoño-invierno) coincide con la estación del año más crítica. La contaminación de la Ciudad de México afecta las yemas de crecimiento apical y lateral, razón por la cual cada vez es más difícil activar su crecimiento después del su periodo de dormancia.

En el Bosque de San Juan de Aragón se encuentra *Pinus* spp. (2%), *Eucalyptus* spp. (5%), *Ligustrum lucidum* (6%), *Acacia retinoides* (9%), *Grevillea robusta* (9%), *Schibus molle* (12%), *Cupressus* spp. (9%) y con mayor frecuencia la *Casuarina* spp. con 38%, (Figura 18). Fue notorio que la densidad arbórea es

poca y que no tiene mucha diversidad de especies. Sin embargo, es el parque que más atención tiene en el manejo silvícola y de mejoramiento del suelo.

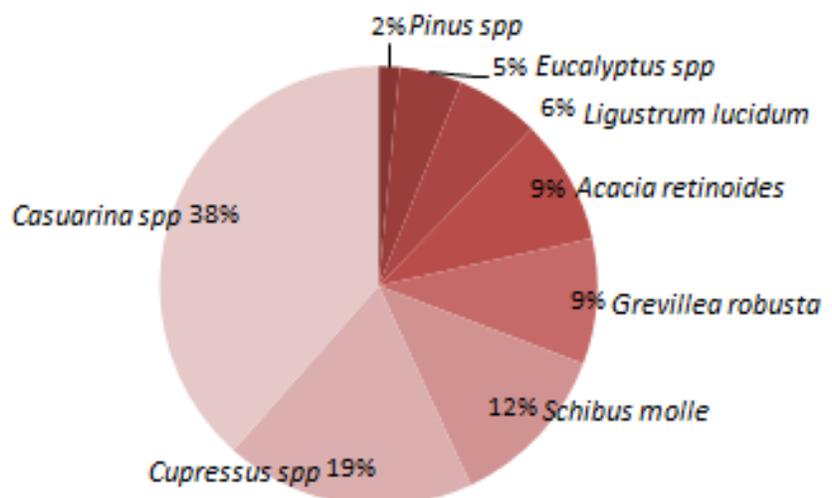


Figura 18. Frecuencia relativa de especies presentes en el Bosque de San Juan de Aragón.

El *Pinus spp.*, *Ligustrum lucidum* y *Fraxinus spp.* son las especies que se muestrearon en el BSJA y que están reportadas a nivel mundial que remueven contaminantes, el primero captura PAN, O₃, SO₂, el segundo solo fija HF y el último remueve PAN.

Las especies anteriormente mencionadas fueron muestreadas en la visita en campo, pero de las que se encuentran en la lista de vegetación (Anexo 2) de este bosque y que también están presentes en la lista reportada a nivel mundial son:

Acacia retinoides, *Grevillea robusta* y *Cupressus spp.*, todas son tolerantes a la contaminación atmosférica. También se encontró el *Eucalyptus spp.* que es tolerante la contaminación que es ocasionada por el bióxido de azufre. Y el *Pinus*

spp. es sensible al ozono (Martínez, 2008), y es captador de contaminantes sin contribuir a la formación de nuevos.

El bosque de San Juan de Aragón ha tenido un mantenimiento en algunas de sus áreas, se determinó plantación de acacia, pino, ahuehuete y casuarinas, existen áreas con muy poca vegetación, como resultado preliminar se sugiere determinar las áreas de uso intensivo peatonal (entrada del metro) y también se determinó varias áreas con compactación del suelo y escasas de vegetación. Como se observa en el mapa de Google (Figura 19), hay áreas con escasa vegetación (claros de color beige), la superficie impermeables (calles de Acceso y estacionamiento).



Figura 19. Imagen satelital del perímetro del Bosque de San Juan de Aragón.

De acuerdo a la concentración promedio de los principales contaminantes del aire SO_2 , CO y NO_x , se recomienda continuar usando las especies arbóreas de acacia y especies perenes cuya tolerancia a los contaminantes ha sido probada.

Por otro lado en el Bosque de Tlalpan se obtuvo al *Pinus* spp. con un 38%, *Cupressus* spp. le corresponde 32%, 22% *Eucalyptus* spp. y el 8% a *Quercus rugosa* (Figura 20).

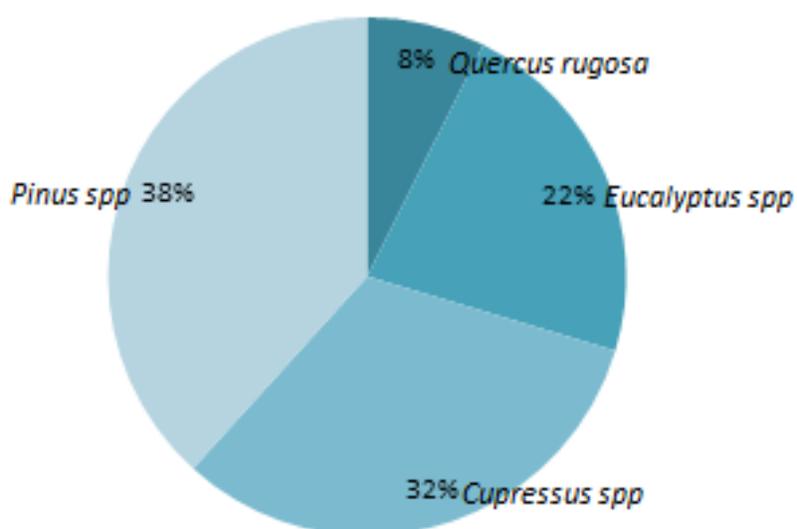


Figura 20. Frecuencia relativa de especies presentes en el Bosque de Tlalpan.

En la lista internacional se reportan: *Quercus rugosa*, y *Pinus* spp. como removedores de PAN, SO_2 , O_3 y al último se le atribuye también la captura de NO_2 .

Las especies que también están presentes en el bosque fueron: *Eucalyptus* spp. y *Cupressus* spp. cuya tolerancia a la contaminación atmosférica, es significativa aunque el primero es el que mejor se adapta a la que es ocasionada

por bióxido de azufre (Martínez, 2008), también tienen el inconveniente de producir compuestos orgánicos volátiles.

Pinus spp. es de las especies que remueven contaminantes y que no contribuyen con nuevos compuestos, en cambio el *Quercus* spp. tiene efectos perjudiciales a la calidad del aire y se tendrían que plantar grandes cantidades.

Como se observa en el mapa de Google (Figura 21) es un “lóbulo” al sur del Pedregal de San Ángel cuya altitud va de los 2,310 a los 2,448 msnm; la parte de mayor altitud es la más densa en vegetación con la presencia de especies de eucalipto, pino y fresno, acompañado de espacios con pasto.

En la parte media del cerro hay un predominio de pino y sobre todo en dos grandes cañadas donde se realizó un terraceo para evitar el aumento de la velocidad del agua, en temporada de lluvias.

De acuerdo con reportes del Meteorológico Nacional la precipitación pluvial oscila entre 1,000 mm a 1,200 mm promedio al año. De acuerdo a ello, la pérdida de suelo podría ser de hasta un 1 cm del grosor del suelo.

La parte baja donde se ubican las pistas de carrera, aparatos de ejercicio, quioscos de alimentos y juegos para niños, es el área de uso intensivo. Es un bosque que deberá ser manejado de acuerdo a las normas publicadas en el año 2011 para las áreas protegidas de la Ciudad de México.

Los beneficios y la importancia de cuidar los bosques más grandes de la Ciudad de México son: regulación de temperatura, aportan estética, mejoran el estado de ánimo de las personas, mejoran la calidad del aire, mantos acuíferos (Nowack, 2002).



Figura 21. Imagen satelital del perímetro del Bosque de Tlalpan.

La orografía del BT promueve hábitats con mayor humedad y concentración de nutrientes, a causa de los escurrimientos; las tinas ciegas se deben colocar estratégicamente en las mayores pendientes y cuyo flujo de agua arrastra una cantidad de suelo.

8.4. MODELOS DE CAPTURA DE CARBONO.

8.4.1. MODELO DE JENKINS PARA ESPECIES PERENNES.

La captura de carbono para el BC (Figura 22), se puede observar que desde la categoría 4-8 a 18-21 va aumentando la captura de carbono, y en la última categoría fue en descenso. En el BSJA (Figura 23), se tienen datos en todas las categorías, la captura de carbono va aumentando hasta llegar a 115 Mg aproximadamente en la última la clase, por otro lado en el BT solo tenemos datos a partir de la clase 4-8 en adelante, y la remoción va en aumento (Figura 24); hasta llegar aproximadamente 72 Mg.

Destaca que la categoría de 22-26 cm de diámetro decae en la captura de carbono, se le atribuye a la densidad registrada, dicha conducta contrarresta con lo registrado en San Juan de Aragón y Tlalpan, porque las categorías diamétricas de mayor fijación de carbono fueron para 18-21 y 22-26 cm. Cabe destacar que el resultado de captura depende del número de árboles por categoría diamétrica.

Galeana (2008) determinó para el río Magdalena en un bosque oyamel, 95.49 Mg/ha, y para bosque pino-oyamel de 106.92 Mg/ha, siendo una zona altera y se encuentra cerca de la Ciudad de México.

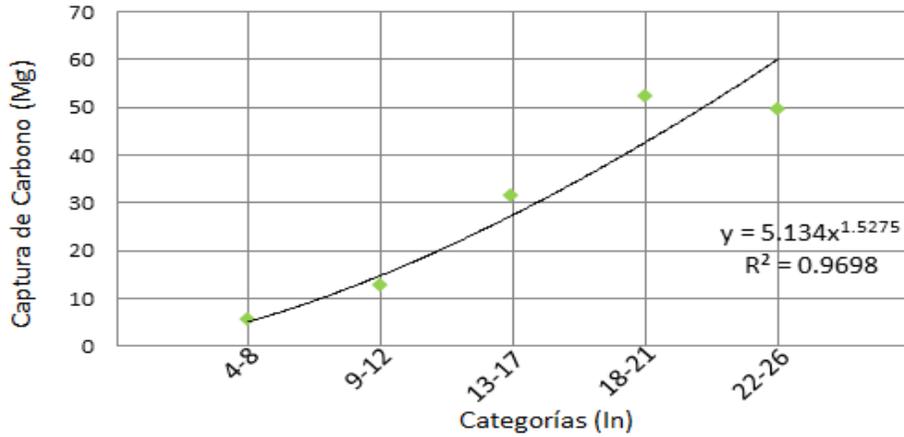


Figura 22. Captura de carbono en el BC en especies perennes, modelo Jenkins.

Determino 45.2017 Mh/ha de carbono almacenado, en parcelas circulares de 500 m² para el BSJA en el año 2010, el grupo de investigadores años después obtuvieron 52.7423 Mg/ha de carbono almacenado.

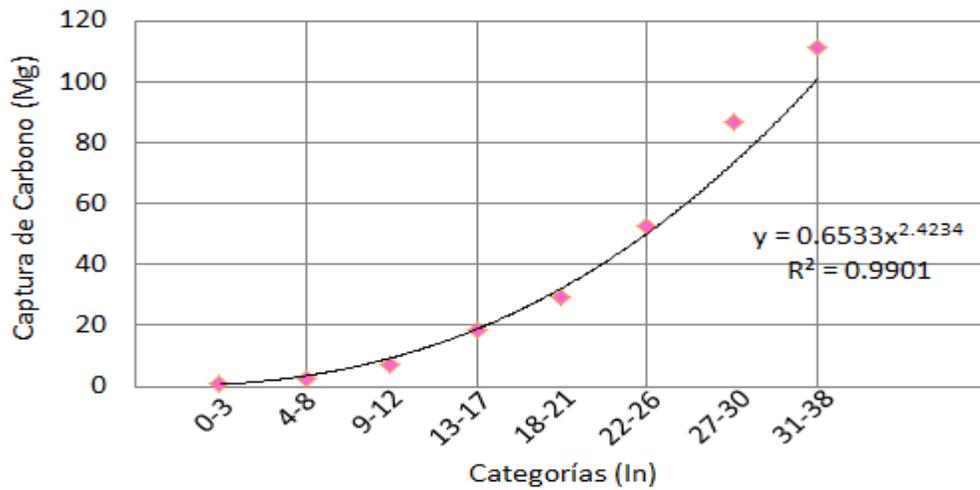


Figura 23. Captura de carbono en el BSJA en especies perennes, modelo Jenkins.

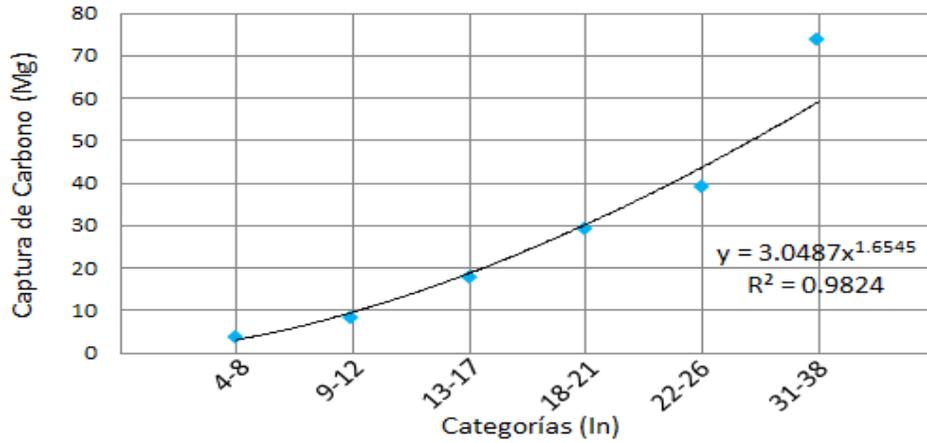


Figura 24. Captura de carbono en el BT en especies perennes, modelo Jenkins.

Las diferencias observadas entre los modelos de Jenkins (2003) para el cálculo de la fijación de carbono referido en las publicaciones de la PAOT (2010) y Nowack (2001, 2002). Al utilizar la densidad de la madera y el factor de forma para obtener la biomasa y el volumen. La literatura es muy basta para las especies arbóreas introducidas en los parques urbanos.

8.4.2. MODELO DE NOWACK PARA ESPECIES CADUCAS.

En las figuras 25 y 26 muestra que conforme el diámetro a la altura de pecho aumenta, el almacenamiento de carbono también va incrementando. El BC es el que remueve más carbono con las especies caducas, reflejado en 2.7 Mg para la categoría 31.38 cm; seguido del registro en el BT con 0.8 Mg para dos categoría antes que lo registrado en BC.

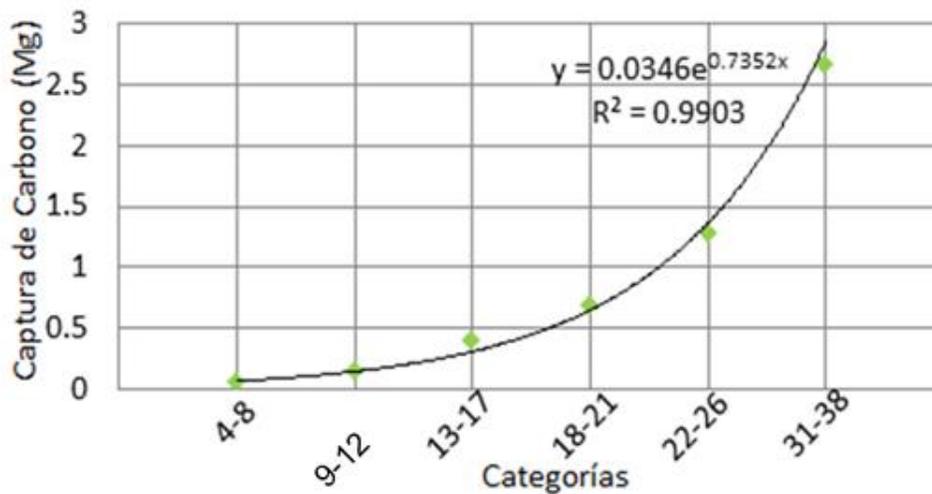


Figura 25. Captura de carbono en el BC en especies caducas, modelo Nowack.

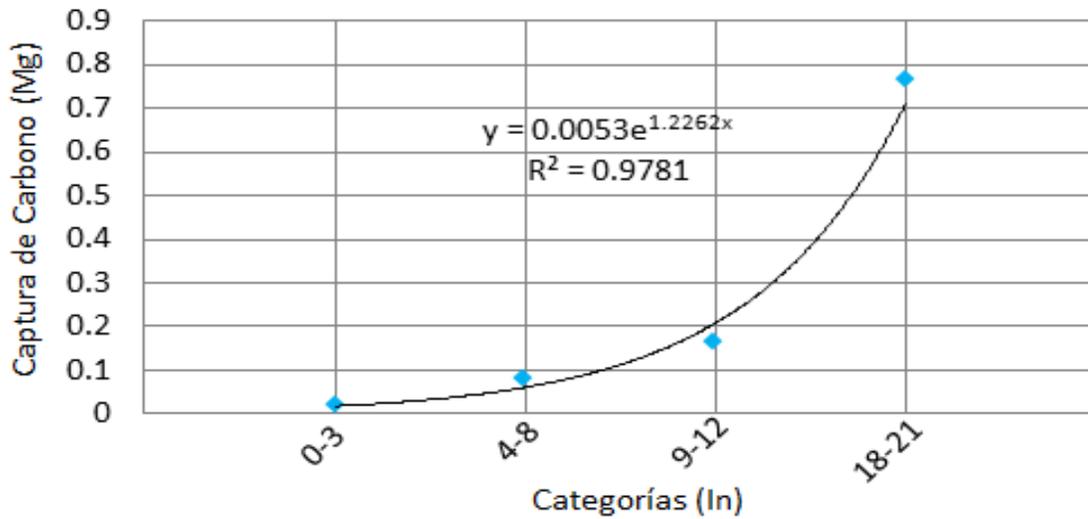


Figura 26. Captura de carbono en el BT en especies caducas, modelo Nowack.

No se registraron especies caducas para el bosque de BSJA, 73.67% de la población de este bosque está representada por solo siete especies las cuales son: *Casuarina eqisetifolia* (25.63%), *Eucalyptus camaldulensis* (12.26%), *Cupressus lusitánica* (8.92%), *Schinus molle* (8.52%), *Fraxinus uhdei* (8.15%), *Cupressus sempervirens* (5.75%) y *Grevillea robusta* (4.43%) (Benavides *et al.*, 2012); la mayoría de estas especies son perennes a excepción de *Fraxinus uhdei* que representa el 8.15%, lo que indica que hay pocos individuos caducos. Cabe mencionar que los modelos alométricos de Nowack se basan en la relación diámetro a la altura de pecho y biomasa.

8.4.3. MODELO DE NOWACK PARA ESPECIES PERENNES.

Figura 27 y 29 se muestra la captura de carbono en el BC y BT, tenemos individuos a partir de la categoría 4-8 a 22-26, y la Figura 28 tenemos individuos en todas las categorías. En las tres todas las capturas de carbono ascienden, BC tiene una captura de 1 Mg en la categoría 22-26 cm, le sigue el BT 1.8 Mg para la categoría 31.38 cm y finalmente el de mayor captura, el BSJA con 3.5 Mg en la clase >39 cm de diámetro.

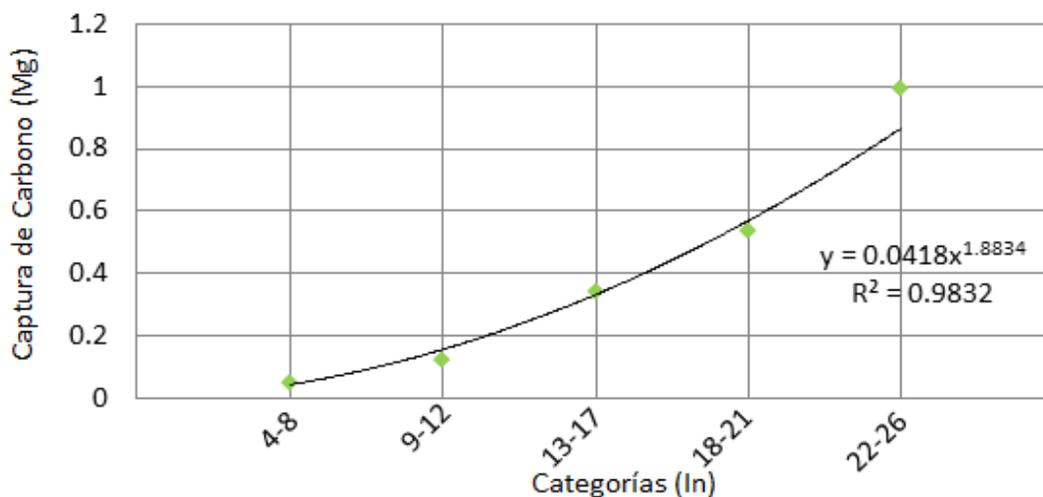


Figura 27. Captura de carbono en el BC en especies perennes, modelo Nowack.

Podría ser obvio comprender que a mayor categoría mayor remoción; sin embargo, no es del todo cierto, puesto que la talla de los árboles aumenta, también la edad y por consecuencia la producción de órganos reproductivos, y complejos químicos para su sincronía con parámetros ambientales (temperatura, radiación y fijación de luz) y biológicos (polinizadores y ataque de insectos).

Los valores publicados por la PAOT (2010) en el documento diagnóstico de la cubierta vegetal en el suelo de conservación de la Ciudad de México para la fijación de carbono en especies perennes se determinó que las plantaciones realizadas en 1998-2004, oscilan entre 0.9-4 cm en *Pinus* spp. tiene un almacenamiento de 168.1 toneladas de C en 2,534.7 ha; y 66.3194 Mg/ha totales al año. Cabe mencionar que los modelos de Nowack para el secuestro y almacenaje de C para las categorías equivalentes expresa los registros de 0.3229 Mg y 0.00727 Mg, respectivamente.

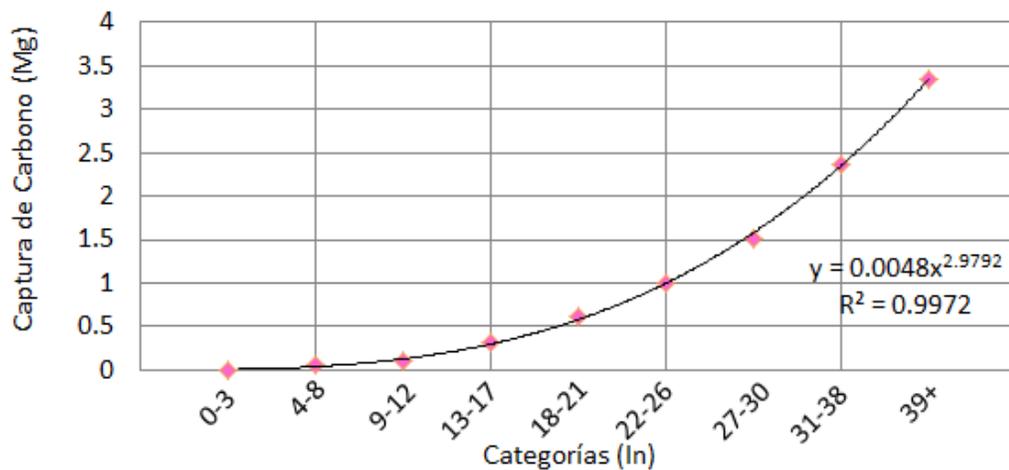


Figura 28. Captura de carbono en el BSJA en especies perennes. modelo Nowack.

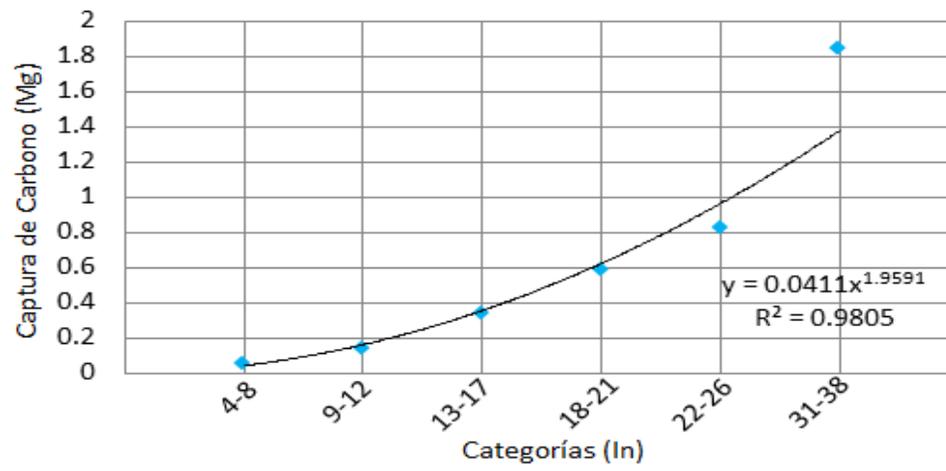


Figura 29. Captura de carbono en el BT en especies perennes, modelo Nowack.

8.4.4. MODELO DE LA PROCURADURÍA AMBIENTAL Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO (PAOT), PARA LA CAPTURA DE CARBONO.

La figura 30 indica que el BSJA es el que tiene mayor captura de carbono con 65%, seguido por el BT con 18% y en último lugar se encuentra el BC con 17%.

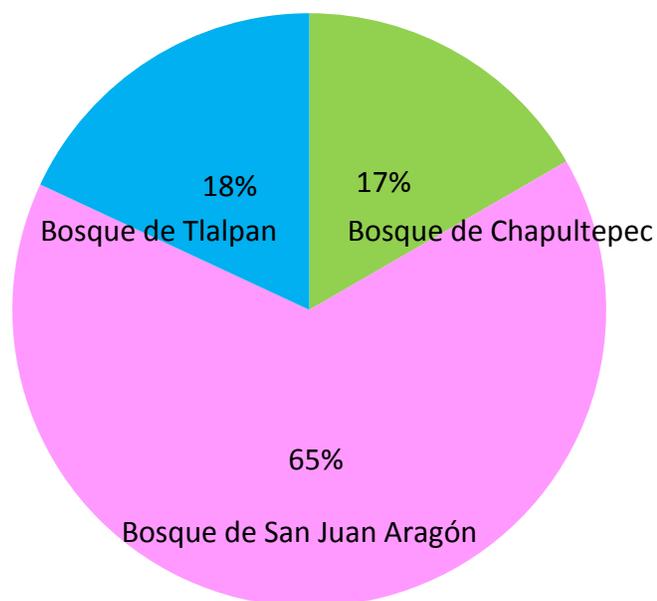


Figura 30. Remoción de carbono en los bosques urbanos.

En el Bosque de Chapultepec (Figura 31) el *Ficus sycomorus* es la especie con mayor captura de carbono con 0.64 Mg, y la especie que tiene menor captura es el *Taxodium mucronatum*.

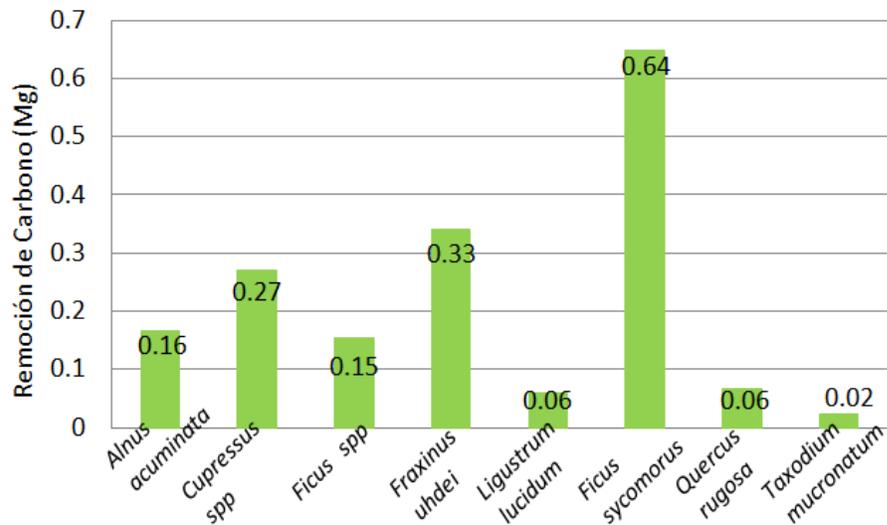


Figura 31. Remoción de carbono en el Bosque de Chapultepec.

La figura 32 enseña que la especie con menor captura de carbono es el *Pinus spp.* con 0.006 Mg, seguido del *Ligustrum lucidum* con 0.004 Mg, *Grevillea robusta* tiene una captura de 0.01 Mg, *Acacia retinoides* 0.05 Mg, *Cupressus spp.* 0.10 Mg, *Schibus molle* 0.14 Mg, en seguida se encuentra la *Casuarina spp.* con 0.51 Mg y *Eucalyptus spp* 0.55 Mg y tenemos al *Fraxinus uhdei* con 20.65 Mg, que es el que tienen una mayor captura de carbono.

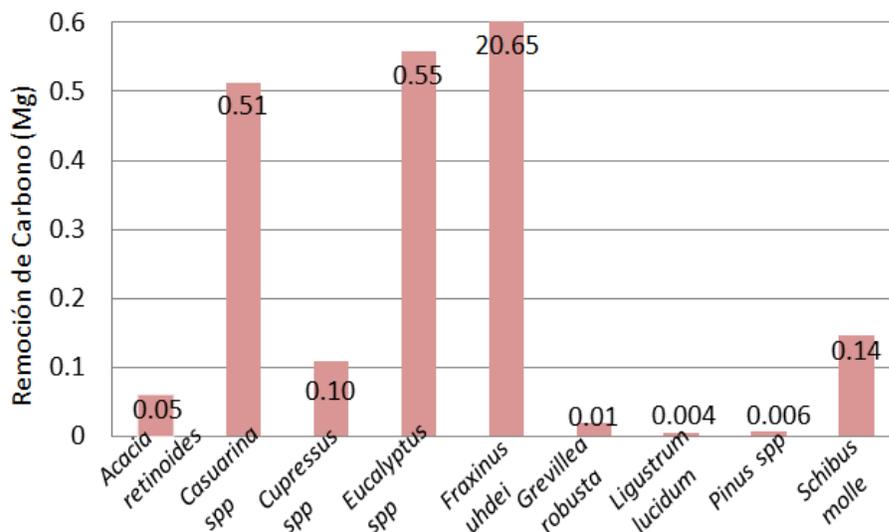


Figura 32. Remoción de carbono en el Bosque de San Juan de Aragón.

En el Bosque de Tlalpan tenemos al *Fraxinus uhdei* con una menor captura, *Eucalyptus* spp. con 0.09 Mg, *Cupressus* spp. 0.22 Mg, *Pinus* spp. 0.33 Mg y en último lugar es *Quercus rugosa* 0.51 Mg, el cual tiene la mayor captura de carbono (Figura 33); podemos corroborar lo que dice Hewitt (2010) que *Quercus* spp. tiene mayor almacenamiento de carbono con respecto a otras especies.

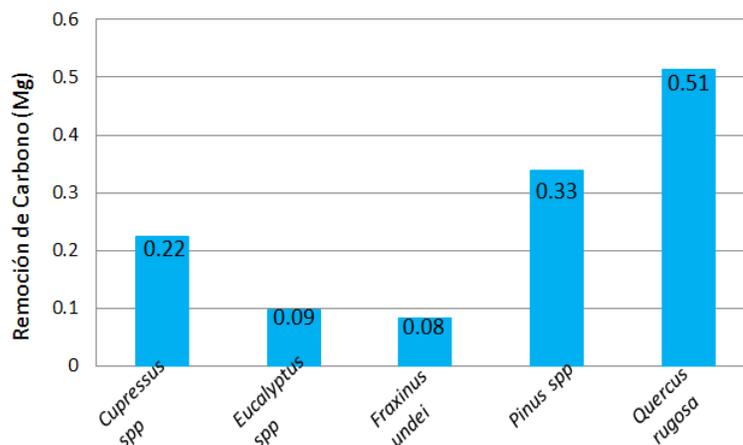


Figura 33. Remoción de carbono en el Bosque de Tlalpan.

El bosque que tuvo mayor remoción de Carbono fue el bosque de BSJA, seguido por el BT y en último lugar el BC.

En el BC la captura de carbono fue de 0.22 Mg, la mayor captura fue del *Ficus sycomorus*, seguido por *Fraxinus uhdei* y *Cupressus* spp., los tres árboles son de crecimiento rápido y de talla grande, aunque para que esto suceda deben cumplir con las condiciones necesarias. Sin embargo, en un estudio del bosque de Chapultepec realizado por Benavidez (2012) dice que la correlación que se efectuó entre el área basal y la cobertura de copa, mostro un bajo ajuste, por la sobre competencia entre individuos que ocasiona una alteración de la forma de la copa como resultado de la sobre plantación; aunado a la deformación de las copas por podas incorrectas, entonces esto puede indicar que los individuos tienen menor biomasa para poder capturar el carbono.

En el BSJA hubo una remoción de carbono de 0.87 Mg, esto se puede relacionar con la gran diversidad de especies que tiene este bosque, además de que el 99% del arbolado corresponde a ejemplares maduros y juveniles (Benavidez, 2012), entre más grande sean los ejemplares tienen una mayor captura. La mayor captura de carbono fue del *Fraxinus* spp., que es de crecimiento rápido, seguido por *Eucalyptus* spp. y *Casuarina* spp., que son especies de talla grande.

8.5. MODELOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES.

8.5.1. MODELO FIGUERUELO – DÁVILA.

Figueruelo y Dávila (2004), publicaron una relación (UFORE; Urban Forest Effects Model) que permite determinar la concentración de los contaminantes a partir de: información meteorológica (horario para un año), parámetros dasométrico y cobertura arbórea.

El Bosque de Chapultepec con la mayor captura de NO₂ con 0.11573 cm*s⁻¹mg y SO₂ con 0.0079 cm*s⁻¹mg con menor remoción. En el Bosque de San Juan de Aragón la mayor fue CO con 1.38585 cm*s⁻¹mg, y el menor fue en SO₂ 0.00263 cm*s⁻¹mg. En el Bosque de Tlalpan el SO₃ tiene una captura de 0.00791 cm*s⁻¹mg y la de mayor captura es el de CO fue de 0.80841 cm*s⁻¹mg (Tabla 3).

Lo relevante en el cálculo de depósito seco, es que está en función de la velocidad del depósito;

$$F = Vd * [C]$$

Dónde:

F = Depósito seco

Vd = Velocidad de deposición seca (cm s⁻¹)

C = Concentración del contaminante (ppm)

Así que la velocidad de depósito ya fue determinada para cada gas contaminante (O₃, CO, SO₂, NO₂) determinado por Figueruelo & Dávila (2004) y Fowler *et al.* (1991).

Si bien es cierto que las aproximaciones que se realizaron con los modelos son generalizados a escalas continentales y meso regionales, también están enfocados a coberturas foliares; en Europa se utilizan para determinar el depósito seco y húmedo.

Tabla 3. **Remoción de contaminantes en los bosques urbanos.**

	BC	BSJA	BT
O₃	0.04949 cm*s ⁻¹ *mg	0.01583 cm*s ⁻¹ *mg	0.04949 cm*s ⁻¹ *mg
CO	0.11548 cm*s ⁻¹ *mg	1.38585 cm*s ⁻¹ *mg	0.80841 cm*s ⁻¹ *mg
NO₂	0.11573 cm*s ⁻¹ *mg	0.05122 cm*s ⁻¹ *mg	0.06071 cm*s ⁻¹ *mg
SO₂	0.00791 cm*s ⁻¹ *mg	0.00263 cm*s ⁻¹ *mg	0.00791 cm*s ⁻¹ *mg

8.5.2. MODELO DE JENKINS PARA ESPECIES PERENNES.

En las figuras 34, 35 y 36 la remoción de contaminantes (CO, NO₂, O₃ y SO₂) va en aumento, conforme aumentan los diámetros a la altura del pecho aumenta la captura de estos. Excepto en el Bosque de Chapultepec que desciende en la categoría 22-26, la ecuación es la siguiente:

$$bm = \exp (\beta_0 + \beta_1 \ln dbh)$$

Dónde:

bm = Biomasa total (Kg)

exp = Función exponencial

β_0 = Parámetro negativo de la densidad de madera

β_1 = Parámetro positivo de la densidad de madera

ln = Logaritmo natural base "e" (2.718282)

dbh = Diámetro a la altura del pecho (cm)

Para el cálculo de remoción de contaminantes fue importante conocer la densidad de la madera de las especies, para poder obtener los parámetros de la madera. A diferencia de los otros modelos usados este resulta ser más preciso, debido al factor de la densidad.

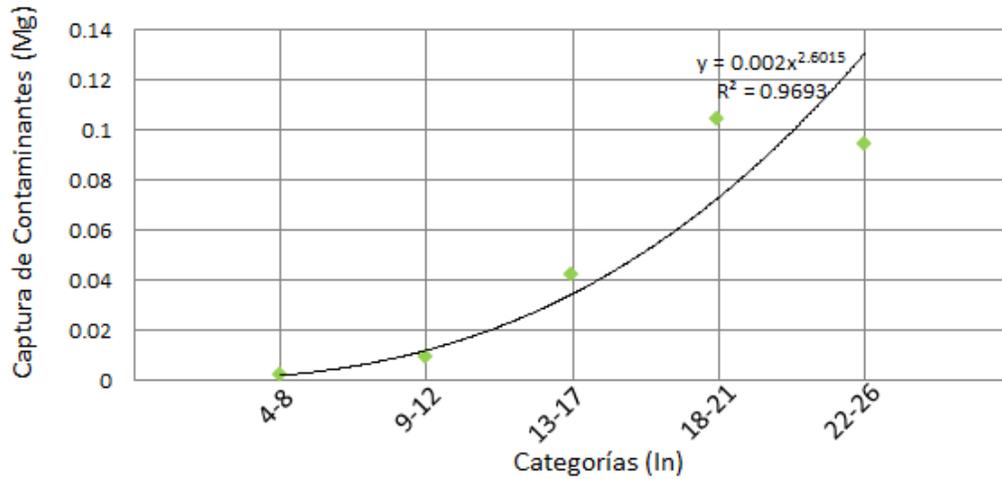


Figura 34. Captura de contaminantes en el BC en especies perennes, modelo Jenkins.

Es el bosque con mayores categorías de diámetros, en teoría debería ser la de mayor remoción, lo cual no es cierto del todo. Para la remoción de gases es relevante la presión parcial del gas, el tamaño y número de estomas en el follaje.

Podemos determinar que para el BT y en BSJA se registró las categorías diamétricas similares esta situación se debe a que ambos bosques se sometieron a un programa de plantación y no es así para el BSJA.

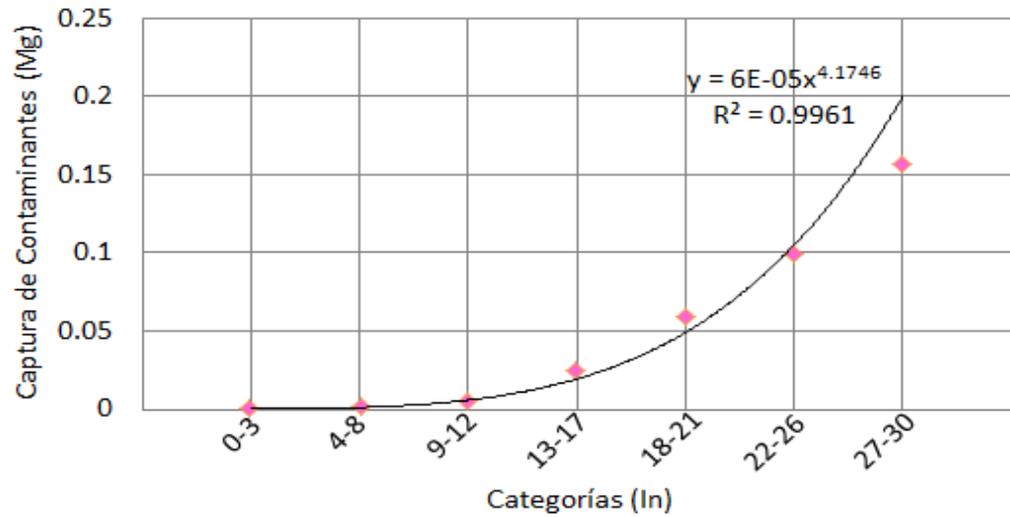


Figura 35. Captura de contaminantes en el BSJA en especies perennes, modelo Jenkins.

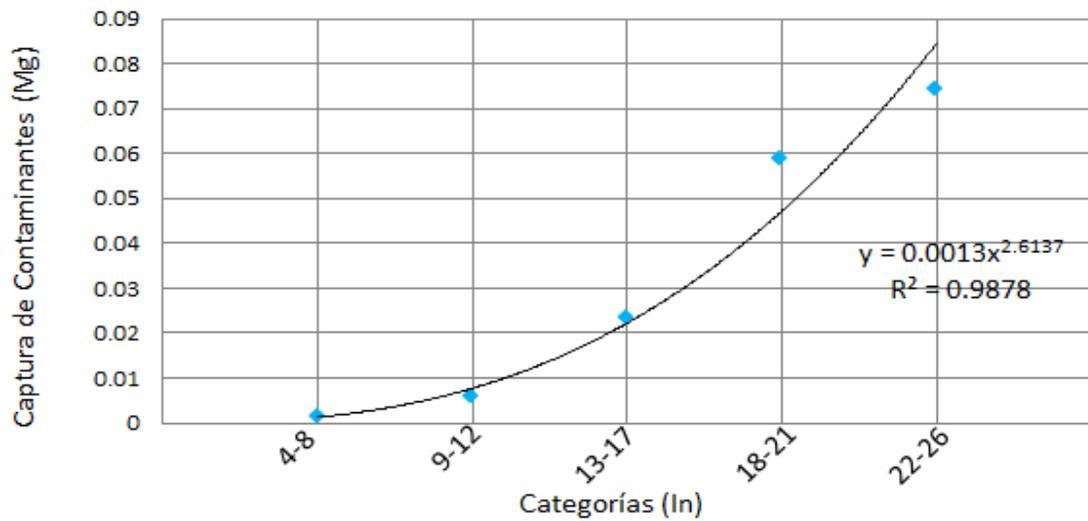


Figura 36. Captura de contaminantes en el BT en especies perennes, modelo Jenkins.

El BSJA tiene menos diversidad, pero todas las categorías diamétricas y una densidad con una distribución espaciada.

8.5.3. MODELO DE NOWACK PARA ESPECIES CADUCAS.

Para las especies caducas también se utilizó un modelo de Nowack, la cual también las divide en categorías. Podemos observar en las siguientes dos figuras (37 y 38), que a mayor diámetro la captura de contaminantes incrementa. La mayor captura de contaminantes es en el Bosque de Chapultepec.

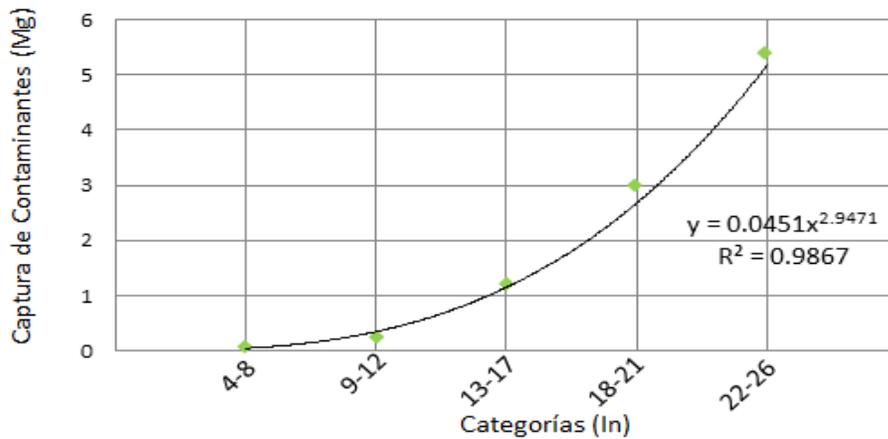


Figura 37. Captura de contaminantes en el BC en especies caducas, modelo Nowack.

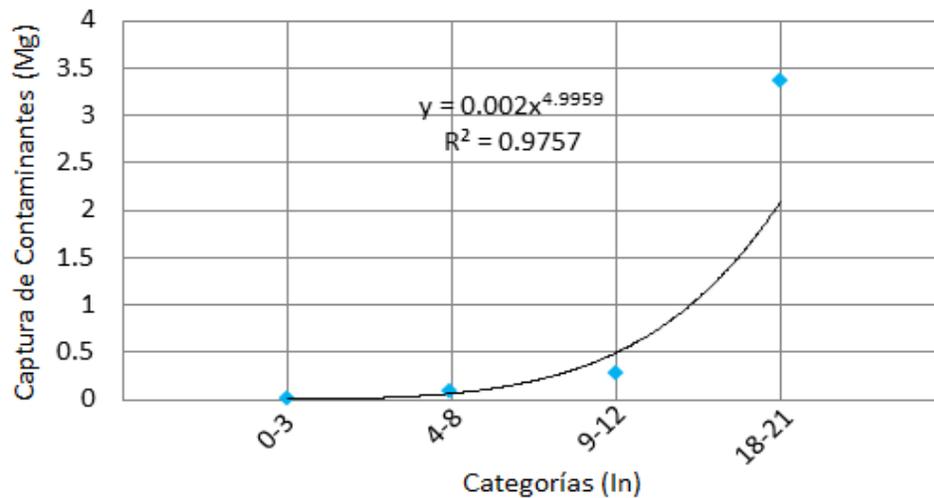


Figura 38. Captura de contaminantes en el BT en especies caducas, modelo Nowack.

8.5.4. MODELO DE NOWACK PARA ESPECIES PERENNES.

Para determinar la captura de contaminantes (CO, NO₂, O₃ y SO₂) se utilizó el modelo de Nowack, en las especies perennes, la cual divide a los individuos en diferentes categorías de diámetros a la altura del pecho (0-3, 4-8, 9-12, 13,17, 18-21, 22-26 y 27-30). En las figura 39 y 41 tenemos árboles desde la categoría 4-8 hasta 22-26, en cambio en la figura 40 tenemos árboles de todas las categorías. En las tres figuras nos muestra la cantidad de captura de contaminantes que tienen los individuos con diferentes diámetros. Las figuras señalan que en los tres bosques urbanos, a mayor diámetro del árbol la captura de contaminantes es mayor.

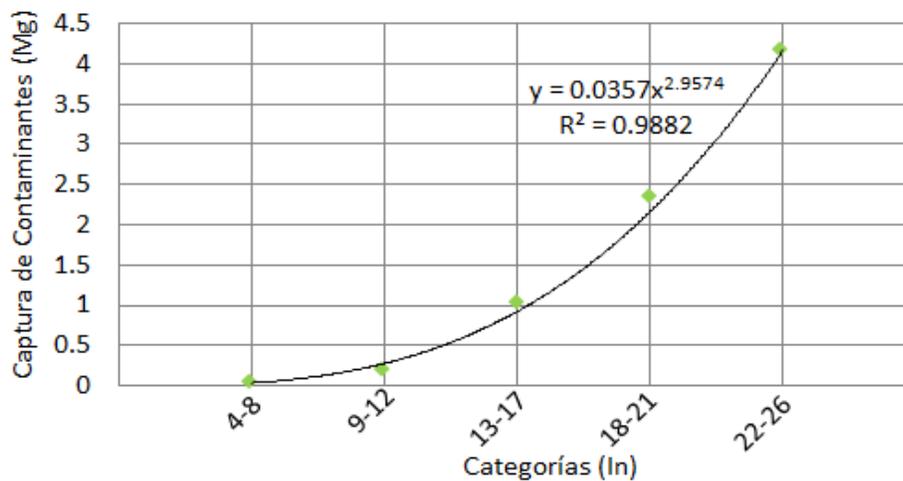


Figura 39. Captura de contaminantes en el BC en especies perennes, modelo Nowack.

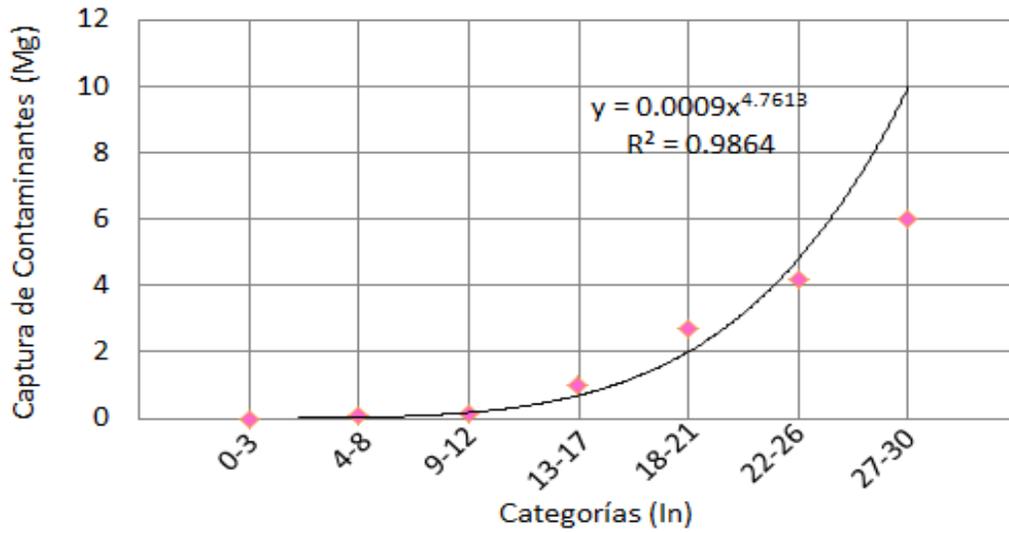


Figura 40. Captura de contaminantes en el BSJA en especies caducas, modelo Nowack.

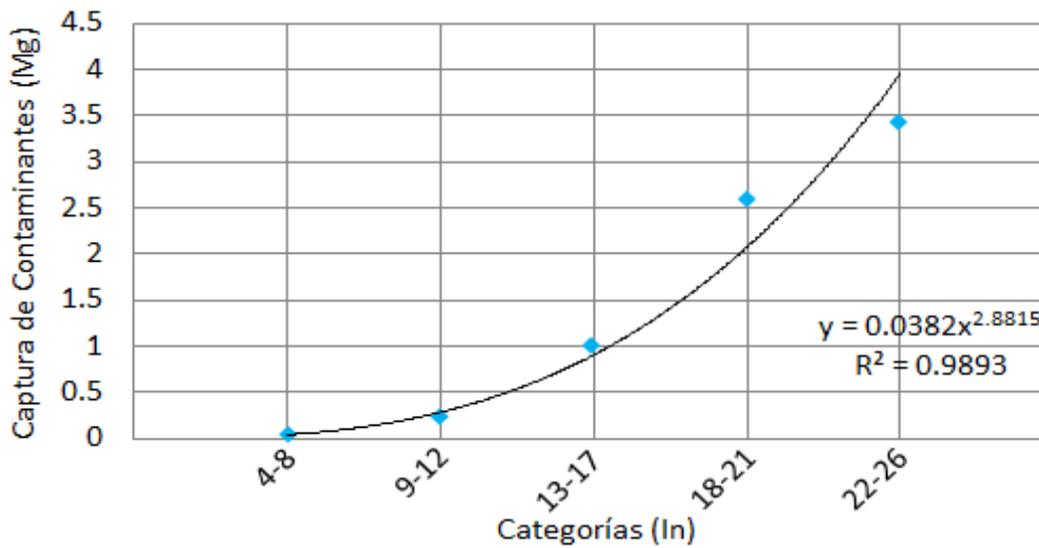


Figura 41. Captura de contaminantes en el BT en especie caducas, modelo Nowack.

En el Bosque de Chapultepec la mayor remoción fue de ozono con un 47%, para el dióxido de nitrógeno es de 29%, se muestra un 14% y 10% de CO y SO₂ respectivamente (Figura 42).

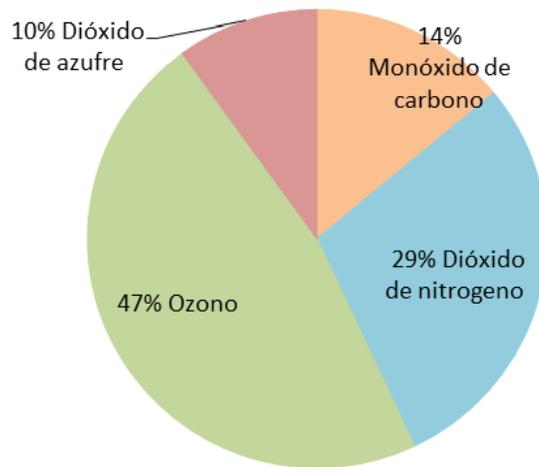


Figura 42. Remoción de gases en el bosque de Chapultepec.

Para el bosque de San Juan de Aragón los porcentajes son: 2%, 8%, 6% y 84% para SO₂, O₃, NO₂ y CO, respectivamente (Figura 43). Y para el Bosque de Tlalpan los porcentajes son: 6%, 27%, 9% y 58%, en el mismo orden (Figura 44).

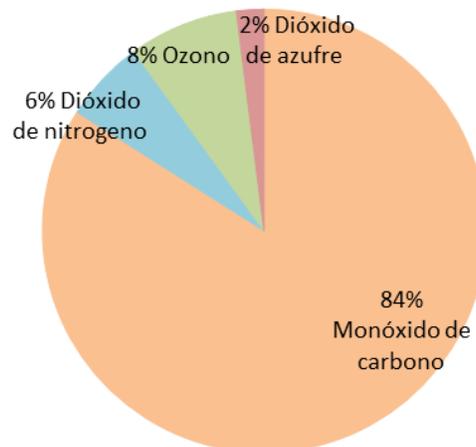


Figura 43. Remoción de gases en el Bosque de San Juan de Aragón.

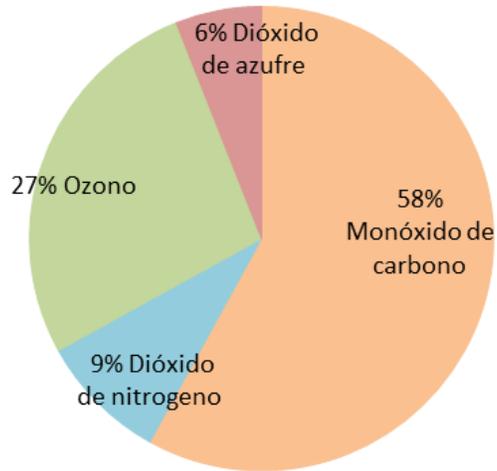


Figura 44. Remoción de gases en el Bosque de Tlalpan

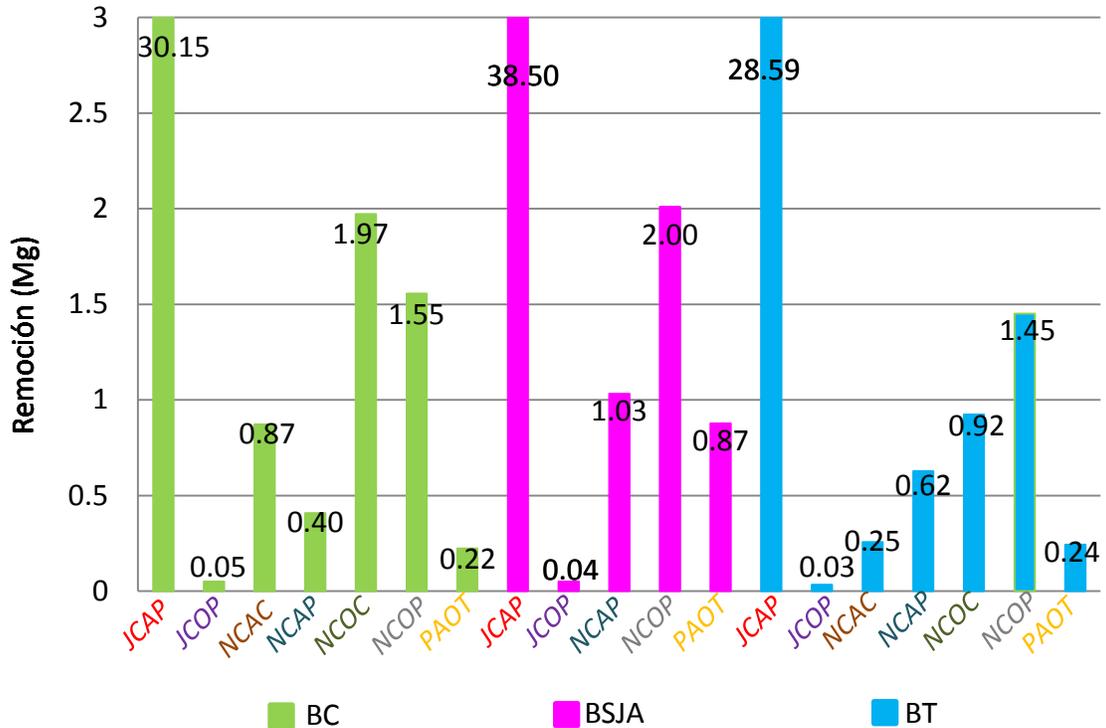
Según McPherson *et al*, (1998) los árboles de una ciudad pueden llegar a eliminar anualmente hasta 0.7 toneladas de monóxido de carbono, 2.1 toneladas de dióxido de azufre, 2.4 toneladas de dióxido de nitrógeno y 6 toneladas de azufre.

8.6. COMPARACIÓN DE LOS MODELOS.

En la figura 45 se puede observar que el modelo de Jenkins aplicado para captura de Carbono en árboles perennes tiene una mayor remoción en los tres bosques. Aunque también este modelo aplicado a las especies caducas es el que registra la menor captura. Seguido por el modelo de la PAOT que también es una de los que registra menor captura de carbono. Los modelos de Nowack para contaminantes son los de mayor captura para perennes y caducos. El modelo de PAOT es uno de los que registra menor captura de carbono en los tres bosques.

Para el almacenamiento de carbono en los tres bosques es muy similar en el BC tiene una captura de 30.15 Mg, BSJA 38.50 MG y BT 28.59 Mg; se puede decir que las especies que se encuentran en los bosques son igualmente eficientes.

Con respecto a la remoción de contaminantes se determinaron valores similares entre BC 1.55 Mg, BT con 1.45 Mg y BSJA ascendió a 2 Mg; la diferencia se explica porque en el sur oeste predominan los contaminantes NO_2 y O_3 y no en el BSJA.



- BC** Bosque de Chapultepec.
- BSJA** Bosque de San Juan de Aragón.
- BT** Bosque de Tlalpan.
- JCAP** Modelo de Jenkins para Carbono en árboles Perennes.
- JCOP** Modelo de Jenkins para Contaminantes en árboles Perennes.
- NCAC** Modelo de Nowack para Carbono en árboles Caducos.
- NCAP** Modelo de Nowack para Carbono en árboles Perennes.
- NCOC** Modelo de Nowack para Contaminantes en árboles Caducos.
- NCOP** Modelo de Nowack para Contaminantes en árboles Perennes.
- PAOT** Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de CDMX.

Figura 45. Comparación de los modelos de remoción en los tres bosques urbanos.

IX. CONCLUSIONES

- Las especies de árboles en los bosques de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan reportados a nivel mundial para remoción de contaminantes son *Pinus* spp., *Alnus* spp., *Fraxinus* spp., además de que no producen compuestos orgánicos volátiles.

- Las especies que se encuentran en los tres bosques y que también están reportadas a nivel mundial por su remoción a diferentes contaminantes son: *Ligustrum* spp., *Persea americana*, *Prunus* spp., *Quercus* spp., *Thuja occidentalis* y *Ulmus* spp.

- Los modelos alométricos aplicados a los grupos perennifolios y caducifolios resultaron más robustos y con mayor predicción en relación a los aplicados por especie.

- Respecto a los parámetros dasométricos, aquellos árboles en etapa madura tendrán una mayor captura que los árboles jóvenes, por lo que coincidimos con Nowack que debe haber un diámetro mínimo. Es por ello la importancia de conservar los árboles para que puedan llegar a una edad madura.

- El modelo que tuvo mayor remoción fue el de Jenkins para almacenamiento de carbono en especies perennes.

- El Bosque de San Juan de Aragón tuvo mayor remoción de monóxido de carbono y almacenamiento de carbono.

- El Bosque de Chapultepec tiene mayor remoción de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y ozono, ya que tiene mayor diversidad.

- Las especies que tuvieron mayor almacenamiento de carbono fueron: *Ficus sycomorus*, *Fraxinus uhdei* y *Quercus rugosa*, en BC, BSJA y BT, respectivamente.
- Es imperativo que los bosque sean conservados con la finalidad de obtener el mejor beneficio ambiental, ya que ayudan a la remoción de contaminantes, reducción de la radiación solar, minimizan la contaminación auditiva, actúan como cortina de viento, captura de agua, alojan vida silvestre y también mejoran la calidad de la vida de los habitantes.
- Con ayuda de esta investigación se permite evaluar las especies que pueden mejorar la calidad del aire, haciendo las plantaciones adecuadas para los diferentes perfiles (suelo, clima, temperatura, etc.) de cada bosque.
- El manejo de cada bosque debe ser permanente, aunque cambie de administración.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo P., (2014), *“Los parques urbanos en el mejoramiento del medio ambiente urbano”*, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura, Medellín, Colombia, 1-89.
- Benavides H., Velasco E., Cortés N., González A., Moreno F., (2012) *“Diagnostico y caracterización del bosque de San Juan de Aragón”*, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en conservación y mejoramiento de ecosistemas forestales, 102-110
- Benavides H., Fernández D., (2012), *“Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec.”*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F., 51-69.
- Bosque de Chapultepec (2018) <http://chapultepec.cdmx.gob.mx/>
- Bosque de Tlalpan (2018) <http://www.bosquetlalpan.org.mx/>
- Bosque de San Juan de Aragón (2018) <http://aragon.cdmx.gob.mx/>
- Calva G. y Corona C., (1990) *“Los vegetales potencialmente útiles para el registro de los niveles de contaminación en el Distrito Federal.”* V Curso simposio internacional sobre la Biología de la contaminación, 3-20.
- Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional. *“Conversión de límites de exposición ocupacional de mg/m³ a ppm.”* 2018-05-29
<http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/convert.html>
- Chacalo A., Corona V., Esparza N., (1974-2009) *“Árboles y arbustos para ciudades”*, Universidad Autónoma Metropolitana.

- Corona R. y Calva G., “*Contaminación atmosférica en la ciudad de México: causas, concentraciones y efectos.*”, departamento de Limnología y contaminación, ENEP Zaragoza, UNAM, 10-20.
- Delgado M., (2011), “*Acuerdo por el que se expide el programa de manejo del área natural protegida Bosque de Tlalpan*”, Gaceta Oficial del Distrito Federal. Disponible en:
<http://cgservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/4504.htm>
- “Deskis” disponible: <http://www.deskis.ee/en/>
- Diario Oficial de la Federación (1997), “*Declaratoria por la que se establece como área natural protegida, bajo la categoría de parque urbano, la superficie de 2528,684.61 m², ubicada en los terrenos correspondientes al Bosque de Tlalpan, en la Delegación Tlalpan, D. F.*” Disponible: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4898579&fecha=24/10/1997”
- Domínguez G., Aguirre O., Jiménez J., Rodríguez R. y Díaz J., (2008) “*Biomasa aérea y factores de expansión en bosques del sur de Nuevo León*”, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Escobedo F., Chacalo A., (2007), “*Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de la Ciudad de México*” Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Escobedo J., Victoria A., Ramírez A., (S.A.) “*La problemática ambiental en la ciudad de México generada por las fuentes fijas*”. Secretaria del Medio

Ambiente. Dirección General de prevención y control de contaminación.
México, D. F.

- Ferrer J., (2009), "*Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud en la Zona Metropolitana del Valle de México*", Facultad de Economía, UNAM.
- Figueruelo J. E. y Dávila M. M. (2004), "*Química y física del ambiente y de los procesos medio ambientales*", Editorial Reverte S. A., 591 pp
- Frutos P. y Esteban S., (2009), "*Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través del método de valoración contingente*", Universidad de Santiago de Compostela, 13-51.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal (2005), "*Acuerdo por el que se establece el sistema local de áreas protegidas*" Administración Pública del Distrito Federal, Jefatura de Gobierno, 1-76.
- Jacobson M., (2012) "*Air pollution and global warming: History, science, and solutions*". Cambridge University.
- Jenkins J., Chojnacky D., Heath L. and Birdsey R., (2003), "*National-scale biomass estimators for united states trees species*", USDA forest service.
- Hyyppa j., Hallikainen M., (1996) "*Applicability of airborne profiling radar to forest inventory*", Laboratory of space technology, Helsinki University of Technology.
- Hewitt N., (2010) "*Trees and sustainable urban air quality. Using trees to improve air quality in cities*" Department of Environmental Science Institute of Environmental and natural sciences. University Lancaster, 1-11.

- León J., “*Los parques urbanos como alternativas de sustentabilidad de los barrios y colonias populares.*”, Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Lezama J., Graizbord B., (2010) “*Los grandes problemas de México IV Medico Ambiente*”, El colegio de México, México, D. F.
- Martínez L., (2008), “*Árboles y Áreas verdes urbano de la Ciudad de México y su zona metropolitana*”, Fundación Xochitla.
- Matyas C., Varga G., (2000), “*Effect of intra-specific competition on tree architecture and aboveground dry matter allocation in scots pine*”, Institute of Environmental Sciences, University of west Hungary.
- McPherson G., Peper P., (1998) “*Comparison of five methods for estimating leaf area index of open-growm deciduous trees*”, USDA, 1-18.
- McPherson G., Scott K., Simpson J., (1995), “*Estimating cost effectiveness of residential yard trees for improving air quality in Sacramento, California, using existing models*”, USDA, 75-84.
- Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-009-Aire-2006, que establece los requisitos para elaborar el índice metropolitano de la calidad del aire. Disponible: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/monitoreo/normatividad/NADF-009-AIRE-2006.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014. “*Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente y criterios para su evaluación*”.

- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. “*Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respect al monóxido de carbón (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población*”.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010. “*Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población*”.
- Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993. “*Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población*”.
- Nowak D., (1994), “*Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago’s urban forest*” In Chicago’s Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. USDA Forest Service GTR-NE-186.
- Nowack D., (2002) “*The effects of urban trees on air quality*” USDA Forest Service, Syracuse, NY.
- Nowack D., Crane D., Stevens J., and Hoehn R., (2005), “*The urban forest effects (UFORE) model: Field data collection manual*”, USDA Forest Service.

- Nowack D., Crane D., & Stevens J. (2006), "*Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States*" ELSEVIER, pp. 115-123.
- Nowack D., Crane D., Stevens J., & Hoehn R., (2006) "*The Urban Forest Effects*" (UFORE) Model: Field Data Collection Manual, USDA.
- Olszyk D., Tingey D., (1986) "*Joint action of O₃ and SO₂ in modifying plant gas exchange*", University of California
- PAOT, (2009), "*Áreas verdes en la zona urbana de la Ciudad de México*"
 Disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/libro_areas_verdes.pdf
- PAOT, (2010) "*Cuantificación del carbono almacenado en la vegetación del suelo de conservación del Distrito Federal*" México, Ciudad de México.
 Disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/estudios/IPA-05-2010_Estudio_Carbono_Difusion_INIFAP-CGEO.pdf
- Powe N. and Willis K., (2002), "*Mortality and morbidity benefits of air pollution absorption by woodland*", University of Newcastle.
- Riojas H., Zúñiga P., (2017). "*Contaminación atmosférica en México*" Instituto Nacional de Salud Pública, Centro colaborados OPS/OMS
http://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&slug=1301-efectos-salud-horacio-riojas&Itemid=493
- Saji B., Goel P., (2008), "*Air pollution abatement by plants: a review*", Department of pollution studies, College of Science.

- Schafer K., Oren R., Tenhunen J., (2000), "*The effect of tree height on crown level stomatal conductance*" Lehrstuhl Pflanzenökologie der Universität Bayreuth.
- Sharkey T., Wiberley E. and Donohue A., (2008), "*Isoprene emission from plants: why and how*", Department of Botany, University of Wisconsin-Madison.
- Secretaria del Medio Ambiente, (2012), "*Los bosques urbanos de Chapultepec y San Juan de Aragón: sitios emblemáticos de importancia socioambiental.*", Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.
- Secretaria del Medio Ambiente, (2013), "*Primer informe 2013*", Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.
- Secretaria de Medio Ambiente (2016), "*Inventario de residuos sólidos*", Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 1-159
- SEMARNAT, (2013), "*Calidad del aire: Una práctica de vida*", Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D. F.
- Smith WH (1990) "*Air pollution and Forest*". Springer- Verlag, New York. 618pp.
- Sorensen M., (1998), "*Manejo de la áreas verdes urbanas*", División de Medio Ambiente del Departamento de Desarrollo Sostenibles del Banco Interamericano de Desarrollo, Washington.

- Steindor K., Palowski B., Góras P. and Nadgórska A., (2010), “*Assessment of bark reaction of select tree species as an indicator of acid gaseous pollution*”, department of Ecology, University of Silesia.
- Stock C., (2018) “*Estructura de la hoja*”. Disponible en: http://carlsonstockart.com/images/xl/Leaf-Structure_labeled.jpg
- Torres G., (2016) “*Cuál es la sorprendente <ciudad más contaminada> de América Latina*” BBC. Disponible: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/05/160513_ciencia_ciudad_mas_contaminada_america_latina_gtg
- Vásquez A. y Arellano H., (2012), “*Estructura, biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de Córdoba*”.
- Wolverton, (1997) “*Women for a healthy environment. Indoor air pollution: Houseplants that remove toxins from the home*”, New York, 1-3.

ANEXO 1

VEGETACIÓN ARBÓREA DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC

Espece	Nombre común	Espece	Nombre común
<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia negra	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno
<i>Acacia retinodes</i>	Acacia plateada	<i>Grevillea robusta</i>	Roble australiano
<i>Acer negundo</i>	Negundo	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda
<i>Alnus acuminata</i>	Aile	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno
<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	<i>Persea americana</i>	Aguacate
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	<i>Pinus ayacahuite</i>	Pino ayacahuite
<i>Celtis occidentalis</i>	Almez americano	<i>Pinus montezumae</i>	Ocote
<i>Crataegus mexicana</i>	Tejocote	<i>Pinus radiata</i>	Pino de Monterrey
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	<i>Prunus persica</i>	Durazno
<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés común	<i>Prunus serotina</i>	Capulín
<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	<i>Pyrus communis</i>	Pera
<i>Erythrina coralloides</i>	Colorín	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quiebra hacha
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto rojo	<i>Schinus molle</i>	Pirul
<i>Eucalyptus cinérea</i>	Manzano de Argyle	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pimentero brasileño
<i>Eucalyptus robusta</i>	Eucalipto robusta	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuate
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Eucalipto rojo	<i>Thuja occidentalis</i>	Tuya occidental
<i>Ficus microcarpa</i>	Laurel de Indias	<i>Ulmus parvifolia</i>	Olmo chino

ANEXO 2

VEGETACIÓN ARBÓREA DEL BOSQUE DE SAN JUAN DE ARAGÓN

Espece	Nombre común	Espece	Nombre común
<i>Acacia dealbata</i>	Acacia	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto azul
<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia negra	<i>Eucalyptus robusta</i>	Eucalipto robusta
<i>Acacia retinodes</i>	Acacia plateada	<i>Ficus microcarpa</i>	Laurel de Indias
<i>Acacia saligna</i>	Mimosa	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno
<i>Acer negundo</i>	Negundo	<i>Grevillea robusta</i>	Roble australiano
<i>Alnus acuminata</i>	Aile	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda
<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	<i>Pinus halepensis</i>	Pino de Alepo
<i>Citrus limon</i>	Limón	<i>Pinus radiata D.</i>	Pino de Monterrey
<i>Crataegus mexicana</i>	Tejocote	<i>Prunus persica B.</i>	Durazno
<i>Cupressus benthamii</i>	Cedro blanco	<i>Pyrus communis</i>	Pera
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	<i>Schinus molle</i>	Pirul
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cedro limón	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pimiento brasileño
<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés común	<i>Senna multiglandulosa</i>	Retama
<i>Erythrina coralloides</i>	Colorín	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuate
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto rojo	<i>Ulmus parvifolia</i>	Olmo chino

ANEXO 3

VEGETACIÓN ARBÓREA DEL BOSQUE DE TLALPAN

<i>Especie</i>	Nombre común	<i>Especie</i>	Nombre común
<i>Acacia retinodes</i>	Acacia plateada	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno
<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	<i>Pinus ayacahuite</i>	Pino ayacahuite
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	<i>Pinus lumholtzii</i>	Pino llorón
<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	<i>Pinus patula</i>	Ocote colorado
<i>Erythrina leptorhiza</i>	Colorín negro	<i>Platycladus orientalis</i>	Tuya
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto rojo	<i>Prunus domestica</i>	Ciruelo
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto azul	<i>Quercus castanea</i>	Encino capulincillo
<i>Ficus carica</i>	Higuera	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quiebra hacha
<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	<i>Senna multiglandulosa</i>	Retama
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda		

ANEXO 4

CATÁLOGO DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA QUE SE ENCUENTRA EN EL BOSQUE DE CHAPULTEPEC, SAN JUAN DE ARAGÓN Y TLALPAN.

Las fichas del catálogo fueron tomadas de CONABIO, CONAFOR, Chacalo *et al* (1974-2009) y Martínez L. (2008).

Acacia melanoxylon (Acacia negra)

Descripción. Árbol perennifolio, altura entre 10 a 15 m



Hoja. Copa densa, globosa o piramidal. Son de color verde oscuro, hojas compuestas, con pequeños folíolos en la fase juvenil, siendo reemplazadas luego por filodios lanceolados de 8-10 cm de largo y hasta 2 cm de ancho, coriáceos con varios nervios longitudinales y numerosas venas menores.

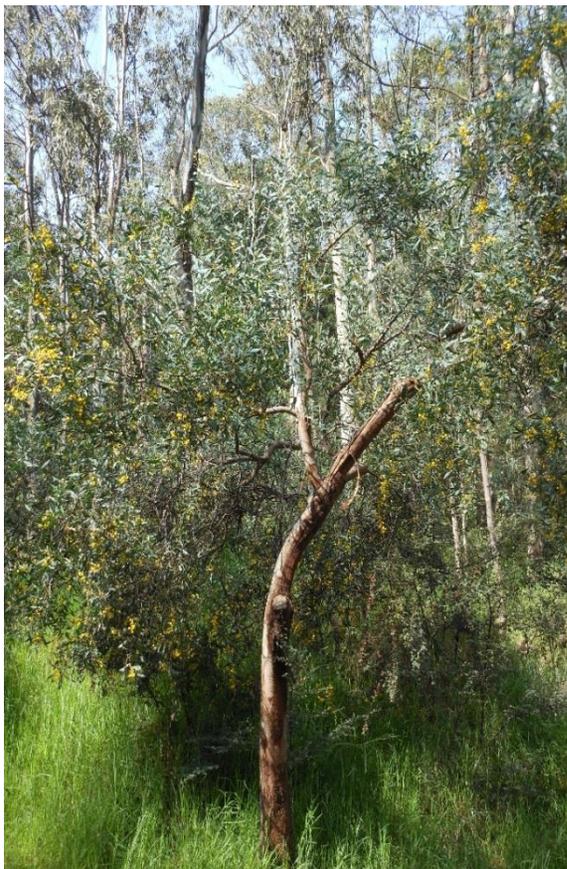
Flores. Forman cabezuelas globosas, reunidas en pequeños racimos axilares de color amarillo pálido.

Fruto. Vaina alargada, aplastada y las semillas negras, lustrosas y con un funículo rojo que las rodea.

Corteza. Gris oscura.

Importancia. Soporta todo tipo de suelos, aunque prefiere ligeramente los ácidos. Le perjudican las sequías. Especie forestal para obtener madera. Útil para alineaciones por su porte.

***Acacia retinoides* (Acacia plateada)**



Descripción. Árbol o arbusto monoico perennifolio pequeño de hasta 7 m de altura, tronco recto, copa extendida redondeada, sombra densa, crecimiento rápido y vida corta de hasta 30 años.

Hoja. El árbol no presenta hojas sino filodios, los cuales están formados por peciolo aplanados que cubren la función de las hojas. La mayor parte del follaje se presenta hacia el final de las ramas, los filodios se disponen de forma alterna, lanceolados estrechos en la base, miden de 8 a 15 cm de largo por 0.6 a 2 cm de ancho, su superficie es lisa y la nervadura pinnada.

Flores. Se presentan en racimos densos de hasta 25 cm de largo, situados en el extremo de las ramillas, con 30 a 40 flores de color amarillo y en cada racimo, la flor mide 0.5 cm de diámetro, florece de junio a septiembre.

Corteza. Liosa, color gris parduzco.

Importancia. Se cultiva como árbol ornamental por su floración, se utiliza para la fijación de dunas y evitar la erosión en terrenos desnudos y taludes, se aprovecha como melífero.

Distribución en la CDMX. Presentes en el parque Luis G. Urbina, en el Bosque de Chapultepec, calles de la delegación Coyoacán y en diferentes partes de Ciudad Universitaria.

Contaminación ambiental. Tolerante a la contaminación atmosférica.



***Acacia saligna* (Mimosa)**



Descripción. Árbol de hasta 7 m de altura. Es de crecimiento rápido, pero una vida corta.

Hoja. Filodios normalmente colgantes, de estrechamente elípticos a estrechamente oblanceolados, planos, rectos, curvados o falcados, de ápice agudo, glabros. Nervio central marcado.

Flores. Flores amarillas, florece entre marzo y abril.

Corteza. Lisa y de color gris. Agrietada cuando es maduro.

Importancia. Es resistente a los vientos salinos. El follaje y semillas sirven de alimento al ganado. De su corteza se extrae la resina que se utiliza en la elaboración de goma y la madera se usa como combustible. Sirve para fijar nitrógeno en el suelo.

Acer negundo (Negundo)



Descripción. Árbol dioico caducifolio, mide de 18 a 20 m de altura. Su copa es de forma redonda, pero irregular, y su follaje poco denso. Es de crecimiento rápido y corta vida.

Hojas. Sus hojas son pinnaticompuestas, opuestas, y con 3 a 5 folíolos de forma ovado-oblonga. Cada hoja mide de 12 a 25 cm y cada folíolo de 7 a 10 cm de longitud por 4 a 8 cm de ancho. Tienen margen aserrado, ápice agudo o acuminado y base redondeada, cuneada o cordada y asimétrica, con pecíolos largos. Son verde claro, lisas por el haz y ligeramente pubescentes por el envés, sobre todo en las axilas de las nervaduras.

Flores. Sus flores son pequeñas. Las femeninas se presentan de 10 a 30 juntas, en racimos estrechos colgantes. Son verdosas, sobre tallos rosados delgados, con ovario pubescente y estilo separado en 2 lóbulos elongados y estigmáticos; su cáliz tiene 5 lóbulos estrechos. Las masculinas están presentes en fascículos de 2.5 a 5 cm de largo. Tienen 6 estambres excertos y anteras lineares, así como cáliz camp anulado con pelos y 5 lóbulos.

Frutos. Se agrupan en racimos colgantes, son samarios en forma de “V” invertida, y miden de 2 a 4 cm de largo. Las alas son delgadas, reticuladas, incurvadas y de color café.

Corteza. La corteza es lisa o finamente fisurada, de color gris pálido.

Distribución en la ciudad. Se encuentra en diferentes puntos de la Ciudad de México, principalmente en el sur. También está presente en Xochitla Parque Ecológico.

Contaminación ambiental. Presenta susceptibilidad intermedia al bióxido de azufre, al ozono y a los fluoruros, aunque no lo afectan demasiado ya que tira su follaje en el otoño.

Usos. Árbol de ornato, principalmente por su rápido desarrollo y por su tolerancia a la contaminación ambiental. A veces se usa para formar cortinas rompe vientos. La madera es utilizada para hacer pulpa de papel y utensilios domésticos.

Alnus acuminata (Aile)



Descripción. Árbol monoico caducifolio, que alcanza hasta 20 m de altura, en cultivo es mucho menor, tronco recto con varias ramificaciones, copa cónica regular, las sombra es media, su crecimiento es rápido; llega a vivir entre 50 y 70 años.

Hojas. Simples, alternas, de forma ovada a oblongo-ovada, miden de 3.5 a 15 cm de largo por 2 a 9 cm de ancho; ápice agudo, margen doblemente aserrado, base cuneada o redondeada, haz glabro, envés son conspicuas y presentan mechones de pelos cortos; pierde su follaje en invierno.

Flores. Son amentos con los dos sexos en una misma planta. Los masculinos de 3 a 10 cm de largo, con 3 a 6 flores en cada bráctea, son leñosos, los femeninos en racimos de 3 a 8 mm de largo, con 2 flores en cada bráctea; florecen entre noviembre y mayo.

Frutos. Infrutescencia ovoide, elipsoidal o cilíndrica de 1 a 4 cm de largo por 8 a 12 mm de ancho, tipo leñoso característico, semejante a conos pequeños, con pedúnculo corto, escamas de 3 a 4.5 mm de largo; semillas con alas angostas.

Corteza. Color gris o café grisácea, lisa o ligeramente rugosa en un plano horizontal.

Importancia. Árbol ornamental y para alineación de calles, camellones y banquetas amplias. Valor comercial y medicinal. Mejora la fertilidad del suelo debido a que sus raíces presentan nódulos con microorganismos fijadores de nitrógeno, también pueden presentar organismos simbiotes formadores de micorrizas; se utiliza para protección de suelos erosionados, para detener taludes y orillas de depósito de agua.

Distribución en la ciudad. Forma parte de la flora silvestre en la Cañada de la Contreras, Atizapán, Naucalpan, Contreras y Tlalpan. Como árbol de alineación se le encuentra en diversas avenidas del sur de la ciudad como la Avenida Insurgentes a la altura de Tlalpan o el Periférico (cerca de Xochimilco), en ciudad Universitaria, en Cuajimalpa y en diversos jardines.

Contaminación ambiental. Su follaje acumula mucho polvo, al género se le reconoce tolerancia intermedia a la contaminación ambiental debida a dióxido de azufre, tolerante a los fluoruros y sensible al ozono.

***Buddleja cordata* (Tepozán blanco)**



Descripción. Árbol o arbusto caducifolio, dioico; llega a crecer hasta 20 m de altura. De copa irregular y redondeada, brinda sombra densa. Su tronco, por lo general, crece retorcido, con ramas jóvenes densamente tomentoso-estrelladas. Es de rápido crecimiento y corta vida.

Hojas. Sus hojas son simples y opuestas, con líneas estipulares y lámina limbo lanceolada, oblonga y ovado-elíptica, de 5.5 a 24 cm de largo por 1.5 a 10.5 cm de ancho. Son de ápice agudo, acuminado o largamente acuminado, con margen entero, serrado o Serrulado, y a veces dentado. Su base es obtusa, cuneada, cordada y truncada con un pecíolo, de 1 a 7 cm de largo. Son de textura algo coriácea, de color verde oscuro por el haz y blancas brillantes por el envés; este último con venación muy prominente y pubescencia muy densa.

Corteza. Su corteza es de color café rojiza y está fisurada longitudinalmente.

Contaminación ambiental. Es tolerante a los contaminantes del aire, como el bióxido de azufre. También la pubescencia de las hojas puede permitir la captura de las partículas suspendidas del aire.

Distribución en la ciudad. Se encuentra principalmente en la flora silvestre de los alrededores de la ciudad, en lotes baldíos y en algunas casas particulares; crece en forma abundante en el Pedregal de San Ángel y en Ciudad Universitaria.

Usos. Se utiliza como planta ornamental. Se le atribuyen diversas propiedades medicinales. En la cocina sirve como detergente porque quita la grasa. El extracto acuoso tiene potencial como bio insecticida y se usa como repelente del gusano cogollero en el cultivo del maíz. La madera se utiliza en la construcción. Ejerce un efecto positivo en los ecosistemas, ya que ayuda a regenerar los suelos, controla la erosión, sirve como abrigo y sombra de la fauna silvestre y su hojarasca enriquece el suelo con nitrógeno, por lo que se recomienda para reforestación en zonas degradadas. Sirve como planta “nodriza” para el crecimiento de plántulas de encino.

Casuarina equisetifolia (Casuarina)



Descripción. Árbol perennifolio de 9 a 35 m de altura.

Corteza. Color grisáceo a pardo.

Hojas. A simple vista parecen acículas (hojas) de pino pero son en realidad ramillas muy delgadas, colgantes y de color verde grisáceo. Las verdaderas hojas son unas diminutas escamitas dispuestas a modo de anillos en los nudos de esas ramillas.

Semillas y frutos. Las pequeñas brácteas que rodean cada una de las flores femeninas, se endurecen para formar una infrutescencia que se parece un poco a los conos de los pinos, sólo que en pequeño; en cada una de los huecos que presenta se encuentra un diminuto fruto seco que no se abre, cortamente alado y que contiene una sola semilla.

Distribución en México. Campeche, Estado de México, Oaxaca, Sinaloa, Yucatán y Zacatecas Características especiales.

Usos. Su madera es usada como combustible especialmente como carbón, también para la construcción, extracción de pulpa para papel; la hojarasca es utilizada en los hornos de ladrillo; la corteza es rica en taninos. Se utiliza para estabilización de dunas, el establecimiento de abrigos vivos. La rehabilitación de suelos afectados por la sal, estabilización del banco ripario, drenar zonas húmedas.

Características especiales. Son tolerantes a la sal y sus raíces frecuentemente tienen nódulos para la fijación de nitrógeno.

***Celtis occidentalis* (Almez americano)**

Descripción. Árbol caducifolio, con una altura de 15 m.

Importancia. Especie que se adapta a la sequía y suelos pobres. Su madera se emplea para hacer muebles de poca calidad como por ejemplo, postes.



Hoja. Ovadas, acuminadas, con punta aguda, asimétricamente redondeadas en la base. Miden de 5.5 a 8.5 cm de longitud y 3.5 a 5 cm de ancho. Margen aserrado.

Frutos. Drupáceos, globosos, de 12 a 20 mm de diámetro, amarillentos a rojizo.

Corteza. Lisa, color marrón oscura.

Citrus limón (Limón)



Descripción. Árbol pequeño de unos 4 m de altura.

Hoja. Son más anchas en la punta y en el centro que en la base, el soporte de la hoja es un poco alado.

Flores. Son pequeñas, solitarias y blancas

Frutos. Son pequeños de color verde, la pulpa es muy ácida y las semillas de color blanco y pequeñas.

Importancia. Se usa en la medicina tradicional. De uso ornamental, y para fines alimenticios.

Crataegus mexicana (Tejocote)



Descripción. Árbol caducifolio de copa ovoide. Su tronco es recto, y sus ramas rígidas a menudo están provistas de espinas. Es de crecimiento moderado, mide entre 4 y 10 m de altura y vive hasta 40 años.

Hojas. Sus hojas son simples, alternas, y su forma va de romboide-elíptico a ovado-lanceolada. Son pecioladas, con ápice agudo u obtuso y margen aserrado en forma irregular. De base cuneada y haz verde oscuro y glabro, el envés es más pálido y pubescente. Miden 3 a 11 cm de largo y de 1 a 5 cm de ancho.

Flores. Sus flores se presentan en umbelas terminales que tienen entre 2 y 6 flores. Presentan 5 sépalos lanceolados y tomentosos, de alrededor de 5 mm de largo, con 5 pétalos blancos de 1 cm de largo o menos.

Frutos. Son pomos semejantes a pequeñas manzanas. Su color varía de amarillo anaranjado o anaranjado rojizo. Son lechosos, aromáticos, jugosos, de buen sabor y miden de 2 a 3 cm de diámetro. Cada fruto contiene 5 semillas juntas y rodeadas por un endocarpio o hueso leñosos; son de color café, lisas.

Corteza. Su corteza es de color gris rojiza; se desprende en tiras.

Distribución en la ciudad. Se encuentra en diversos parques del sur de la Ciudad de México, como el Parque Luis G. Urbina (Hundido), el Bosque del Pedregal, el Jardín Botánico de Ciudad Universitaria y en Xochitla Parque Ecológico.

Contaminación ambiental. Se reporta tolerancia a algunos contaminantes, sin que se especifique a cuales.

Usos. Como árbol ornamental, se utiliza en la conservación del suelo y la restauración de sitios degradados, para reforestar taludes y barrancas en zonas semiáridas, y como refugio de fauna. Su fruto se usa crudo o cocinado, en ates, conservas y jaleas, y sirve de base para la tradicional bebida navideña, conocida como “ponche de frutas”. Especie comercial y se utiliza en la medicina tradicional.

***Cupressus benthamii* (Cedro blanco)**



Descripción. Árbol de hasta 30 m de altura,

Hoja. Su copa tiende a ser cónica. Las hojas se encuentran pegadas a las ramas, en forma de escama, sobresale la punta de las mismas sobre el tallo, son de color verde, opuestas por pares; el color de las hojas varía desde amarillo verdosas, hasta verde oscuro.

Conos. Son de forma globosa, textura leñosa y se abren cuando maduran, de 10 a 20 mm de diámetro, con una superficie rugosa, con una proyección en cada cubierta de la estructura redondeada, de color rojizo- moreno, hasta moreno oscuro. Semillas pequeñas de 2 mm de forma redondeada.

Corteza. Color gris oscuro cuando joven, hasta rojizo – moreno. Cuando el árbol es maduro se descortezan en tiras largas, fibrosas a lo largo del tronco.

Usos. Utilizan la madera para casas, fabricación de muebles talles como puertas, mesas, sillas, camas, roperos y ventanas. Lo demás se emplea como leña.

Importancia. Se usa como árbol de ornato, para reforestación y aprovechamiento de su madera. Se utiliza como cortina rompe vientos, cercas vivas y en la industria para pulpa de papel.

***Cupressus lusitánica* (Cedro blanco)**



Descripción. Árbol robusto de 10 m hasta 30 m de altura, con un DAP de 60 cm. Especie de rápido crecimiento.

Hojas. Hojas diminutas, son escamas de 2 mm intercaladas en grupos de 4, puntiagudas y verde azulosas.

Conos. Conos verdes a café los femeninos de hasta 2 c y con 10 escamas gruesas y rugosas que se abren al madurar, los masculinos de 3 a 4 amarillentos. Los masculinos y femeninos se producen en el mismo árbol. Los conos masculinos aparecen de febrero a abril y los femeninos son permanentes y maduran al siguiente año.

Corteza. Corteza gris clara muy agrietada.

Semillas. Son diminutas triangulares café rojizo.

Contaminación ambiental. Especie tolerante a la contaminación atmosférica.

Usos. Se ha empleado para restauración de suelos degradados, es una especie tolerante a la contaminación atmosférica. Tiene madera de buena calidad, se usa para aserrío y carpintería. Localmente se emplea en construcción rural, para horcones y techos de casa y como leña. La pulpa se usa para papel. También se utiliza como árbol de navidad. Se usa como barrera rompe vientos y medicinal.

Cupressus macrocarpa (Cedro limón)



Descripción. Es un ciprés columnar elegante, uno de los mejores de forma oval abultado simétrico, hermosamente proporcionado.

Es una de las coníferas doras y especialmente en invierno el color se acentúa más.

Árbol de hasta 25 m, con ramas erecto-patentes formando una amplia copa; hojas escamiformes, ápice obtuso, de color verde oscuro y miden 1-2 mm, obtusas; estróbilos 2-3.5 cm, de color pardo-rojizo al madurar, con 8-14 escamas obtusamente mucronadas.

El follaje. Posee un olor a limón muy característico en estas plantas. Ramas ascendentes en ángulo de 45° con respecto al tronco principal. Ramillas gruesas, subtetrágonas.

Corteza. Es agrietada con placas, color grisáceo.

Origen. California, Estados Unidos.

***Cupressus sempervirens* (Ciprés común)**



Descripción. Árbol perennifolio de hasta 20 m de alto. Con tronco recto. Especie muy longeva.

Hoja. Copa columnar y estrecha. Hojas diminutas, son escamas de 2 a 5 mm.

Conos. Verdes a café, los femeninos globosos de hasta 4 cm con hasta 14 escamas y 8 a 20 semillas, los masculinos de 3 a 4 mm y color pardo. Los masculinos y femeninos se producen en el mismo árbol.

Corteza. Café grisácea, profundamente agrietada.

Importancia. Su madera es muy fina y aromática, se utiliza en la industria maderable, para artesanías, y para la fabricación de instrumentos musicales. Se emplea en la jardinería, estética, y para rompevientos.

Eriobotrya japonica (Níspero)



Descripción. Árbol monoico perennifolio, alcanza de 4 a 6 m de altura. Tiene ramas erectas y ensanchadas y copa redondeada. Tronco cortó y se ramifica a baja altura, es de crecimiento rápido y vive de 25 a 30 años.

Hojas. Sus hojas son simples, alternas y grandes, de 10 a 30 cm de largo. Son de ovales a oblongas o abobadas, verticiladas, y están apiñadas terminalmente. Son rígidas, coriáceas y firmes, de ápice acuminado y margen con dientes aislados y pequeños, pero entero hacia la base. Son sésiles o con un pecíolo corto; tienen haz con nervaduras marcadas y color verde oscuro.

Flores. Miden de 1 a 3 cm transversalmente, y tiene cáliz con 5 lóbulos agudos, densamente lanosos y rojizos y que miden de 0.3 a 0.6 cm de largo. Cuentan con 5 pétalos color blanco cremosos, ovales o suborbiculares, y con pecíolo corto y cáliz tomentosos, con 20 estambres y de 2 a 5 estilos. El ovalo inferior tiene de 2 a 5 cavidades.

Frutos. El fruto es un pomo comestible de forma esférica que mide de 3 a 5 cm de largo. Es anaranjado o amarillo, con endocarpio delgado y lóbulo y cáliz persistentes en la extremidad.

Corteza. La corteza es lisa, fisurada, grisácea, escamosa con la edad y se cae a medida que el árbol crece; además se daña fácilmente por impactos mecánicos.

Distribución en la ciudad. Es un árbol que no se planta de manera intensiva, pero se encuentra en diferentes puntos de la ciudad, por ejemplo, en el Parque Hundido, en el Bosque de Chapultepec y en el Jardín Botánico de Ciudad Universitaria; también se le encuentra en la avenida Insurgentes Sur, y hay algunos en las colonias del Carmen Coyoacán, Portales, Postal y Educación, así como en jardines particulares.

Contaminación ambiental. Aunque sus hojas acumulan mucho polvo, se reporta que es una especie resistente a los contaminantes del aire.

Usos. Árbol frutal y ornamental. El fruto se puede comer fresco, seco, en jalea o en conserva. La madera es comercial y medicinal.

Erythrina americana (Colorín)



Descripción. Árbol monoico caducifolio, mide de 7 a 10 m de altura. Su copa redondeada tiene un diámetro de 6 a 8 m, y da una sombra medianamente densa. El tallo es quebradizo, erecto y muy ramificado. Es de crecimiento rápido, puede crecer 60 cm por año, y vive de 30 a 40 años.

Hojas. Tiene hojas compuestas, trifoliadas y alternas; los folíolos laterales ovado-deltaoideos son de 7 a 14 cm de largo por 5 a 6 cm de ancho. El término es anchamente ovado-deltaoideo o semiorbicular agudo. El margen es entero, la base truncada, el haz glabro, y el envés pubescente o glabro. Tiene pecíolos largos, de 5 a 15 cm, y pubescentes.

Flores. Reunidas en espigas verticiladas, nacen sobre pedúnculos axilares erectos. Son zigomorfas y se abren excesivamente, curvándose hacia el exterior. Las flores son tubulares, de color rojo. Los estambres son prominentes, el pedicelo pubescente y la corola tiene el estandarte rojo, angostamente elíptico, y de 3 a 7 cm de largo por 7 a 12 mm de ancho. El ápice es agudo o redondeado, algo pubescente en el exterior.

Frutos. Su fruto es una legumbre dehiscente, contraída entre semilla y semilla.

Corteza. Su corteza es amarillenta, con veteados rojizos o verdosos.

Usos. Árbol de sombra y ornamental. Con su madera se elaboran artesanías, máscaras, cucharas, fruteros y figuras de animales policromados. Esta especie es muy utilizada en la medicina tradicional. Tiene potencial insecticida.

Distribución en la ciudad. Esta especie se encuentra distribuida por toda la ciudad.

Clima. Le favorecen los climas cálidos y es sensible a las heladas, que lo pueden matar en estado juvenil.

Contaminación ambiental. Esta especie es susceptible al efecto de contaminantes tales como el bióxido de azufre y el plomo. En la época de lluvia se presenta un cambio en la coloración del follaje, de verde brillante a verde cenizo, el cual es ocasionado por los contaminantes que se precipitan con el agua, lo que produce necrosis de las hojas.

Erythrina leptorhiza (Colorín negro)



Descripción. Planta herbácea perenne, o leñosa en la base, de hasta 1 m de alto.

Hojas. Alternas, grandes, compuestas de tres foliolos, ovado-trianguulares, con pequeñas espinas sobre las venas en la cara posterior, el foliolo terminal algo más grande que los laterales, el pecíolo con algunos pelillos.

Flores. Están dispuestas en racimos en las puntas de los tallos. Acompañan a cada flor una bráctea y un par de bractéolas, todas diminutas y angostas. Las flores son grandes y vistosas, sobre pedicelos muy cortos que generalmente presentan pelillos; el cáliz tubular, sesgado en el ápice, de hasta 3.5 cm de largo, generalmente de color anaranjado; corola cilíndrica, angostándose hacia el ápice, suavemente curvada, de hasta 8.5 cm de largo, de color anaranjado más claro que el cáliz.

Fruto. Es una legumbre leñosa, de hasta 19 cm de largo, más angosta entre las semillas, con pequeñas espinas en su superficie. Semillas una a muchas parecidas a frijoles, de color café oscuro a negruzco.

Distribución. Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro.

Origen. México a Centroamérica.

Eucalyptus camaldulensis (Eucalipto rojo)



Descripción. Árbol perennifolio, monoico que alcanza hasta 30 m de altura. Su copa es generalmente extendida y ofrece sombra media. De ramas péndulas, es de muy rápido crecimiento. Vive alrededor de 50 años.

Hojas. Presentan dimorfismos foliar. Las hojas jóvenes son más anchas que las adultas, opuestas o generalmente alterna, largamente acuminadas o bien oblongo-lanceoladas y de color verde o de colores combinados. Son poco olorosas, miden de 10 a 23 cm de largo. La nervadura central es prominente en ambas caras de la hoja, y los pecíolos son cilíndricos, amarillos y de 1 a 2 cm de largo.

Flores. Sus flores son blanquecinas, pequeñas, dispuestas en umbelas axilares de 3 a 25 flores, y con pedicelos largos y cilíndricos. Los pimpollos miden de 4 a 5 mm de diámetro, y tienen el tubo del receptáculo hemisférico y el opérculo rostrados, los estambres doblados en el botón floral, y anteras con tecas paralelas.

Frutos. Son hemisféricos, miden de 5 a 7 mm de diámetro, con el reborde convexo y bien notable. Tienen 3 a 5 valvas triangulares excertas y semillas pequeñas y angulosas. Son de color amarillo dorado

Corteza. Su corteza es grisáceo o blanquecina y a veces pardusca; se desprende en franjas con los años.

Distribución en la ciudad. Es una de las especies de eucalipto más abundantes en la Ciudad de México.

Contaminación ambiental. Se trata de una especie muy tolerante a la contaminación atmosférica debida a bióxido de azufre.

Usos. Se utiliza para reforestación. Por su alta tasa de crecimiento, formación de biomasa y adecuación a suelos de baja calidad, es una de las especies ampliamente plantadas en el mundo, con unas 500 mil hectáreas para la producción de madera, pulpa de papel y celulosa. Sirve para estabilizar el suelo y se planta en terrenos pantanosos para drenarlos y destruir el potencial de sitios de reproducción de los mosquitos, como los que transmiten la malaria. Su aceite es antiséptico para infecciones de garganta.

***Eucalyptus cinérea* (Manzano de Argyle)**



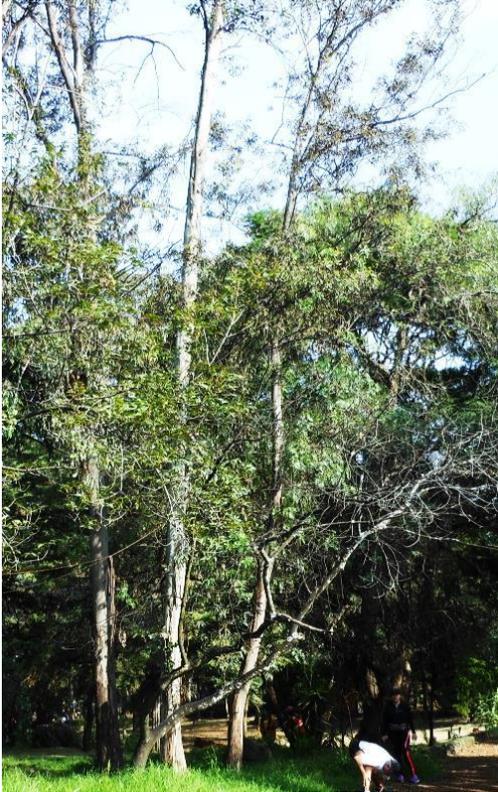
Descripción. Árbol de hasta 10 m de altura, perenne. Tiene un crecimiento rápido.

Importancia. Se usa en jardines, es de bajo mantenimiento.

Hoja. El follaje juvenil está formado por hojas verdes, sésiles y redondeadas. De hasta 3 cm de diámetro. Las hojas adultas son lanceoladas, afiladas en el extremo superior, de hasta 6 cm de longitud. El follaje es muy aromático.

Flores. Son pequeñas y blancas. Florece en verano.

***Eucaliptus globulus* (Eucalipto azul)**



Descripción. Árbol monoico perenne que alcanza más de 30 m de altura, gran porte, tronco retorcido, copa irregular piramidal que da una sombra media, crecimiento rápido, vive de 50 a 70 años.

Hojas. Presenta dimorfismo foliar, las hojas jóvenes redondas, sésiles y opuestas; color verde oscuro, de 10 a 20 cm de largo, lustrosas y brillantes, la nervadura media es prominente, los pecíolos miden 1.5 a 3 cm de largo.

Flores. Generalmente solitarias o a veces en grupos de 2 ó 3, pecíolo corto, consiste en un tallo piramidal invertido y opérculo que se desprende en la madurez, formado por 4 pétalos soldados entre sí. Al caer el opérculo salen los numerosos estambres y el estilo de color blanco amarillento, con aspecto plumoso.

Frutos. Consiste en cápsulas angulares, provistas de abundantes semillas pequeñas y negras que son fértiles; los frutos miden de 1.5 a 3 cm.

Corteza. Lisa, color grisácea o azulada, se desprende en flecos longitudinales, dejando al tronco con abigarramientos de color gris plateado, presenta lenticelas de goma balsámica.

Importancia. En la ciudad se le utiliza como planta de ornato y sombra en parques y jardines, a nivel rural se usa para formar cortinas rompevientos y en grupos para secar terrenos muy húmedos, también para la recuperación de suelos erosionados y protección de repesas y cuencas hidrográficas, la madera se utiliza para la obtención de celulosa, para leña y carbón aserrío, durmientes etc. De las hojas se obtiene la esencia del eucalipto utilizado en medicina y farmacia como antiséptico, estimulante y expectorante de nariz y garganta. Las flores son melíferas, muy visitadas por las abejas.

Distribución en la ciudad. Esta especie tiene amplia distribución en la ciudad y zonas aledañas.

Contaminación ambiental. Tolerante a la contaminación atmosférica debida a bióxido de azufre.

***Eucalyptus robusta* (Eucalipto robusta)**



Descripción. Árbol de hasta 60 m de altura,

Hoja. Copa densa y amplia, follaje oscuro. Primeras hojas opuestas, adultas alternas de 9-17 cm de largo por 2-5 cm de ancho, ápice agudo, base cuneada.

Flores. Dispuestas en inflorescencias simples, axilares, pedúnculos de 1.5 a 3.5 cm de largo.

Corteza. Fibrosa y persistente.

Importancia. Se usa para fines ornamentales y forestales. También se usa como rompevientos.

Eucalyptus tereticornis (Eucalipto rojo)



Descripción. Árbol caducifolio.

Hoja. Copa amplia, primera hojas opuestas, las adultas alternas de 8-18 cm de largo y de ancho 1-2.5 cm, ápice agudo, acuminado y base cuneada.

Flores. Agrupadas en inflorescencias simples, axilares.

Corteza. Liosa, color gris parduzco.

Importancia. Esta especie se usa para fines ornamentales. Especie forestal y rompevientos.

Ficus carica (Higuera)



Descripción. Árbol caducifolio de tronco grueso. Su copa redondeada y amplia brinda sombra muy densa. Mide de 5 a 10 cm de altura. Es de rápido crecimiento y vive de 30 a 40 años.

Hojas. Sus hojas son simples, alternas, largamente pecioladas palmadas; tienen entre 3 y 7 lóbulos profundos y lamina rugosa; son pubescentes y ásperas, con margen rugosa irregularmente dentado y base truncada o redondeada; son de color verde oscuro en el haz y más claro en el envés, y presentan una nervadura notoria. Miden de 10 a 20 cm de longitud y casi lo mismo de ancho.

Flores. Aparecen dentro de una inflorescencia llamada sícono, que es un receptáculo cóncavo en forma de pera, con un orificio estrecho axilar. Las flores femeninas con cinco pétalos diminutos y un solo carpelo de color rosado o blanquecino; están distribuidas por la superficie del sícono, las flores masculinas son tres sépalos y tres estambres están arregladas en la entrada del mismo.

Frutos. Fruto múltiple, es de forma ovoide o piriforme, el color varía verde azulado a púrpura negruzco, según la variedad. Miden de 3 a 10 cm de largo.

Corteza. La parte externa es lisa, de color grisácea; la interna tiene gran cantidad de células laticíferas que producen un látex lechoso, áspero y gomoso, que se espesa al contacto con el aire.

Distribución en la ciudad. A pesar de su gran potencial como árbol ornamental, su distribución es reducida. Se le encuentra en parques antiguos de la Ciudad de México y en jardines privados.

Usos. Es una especie ornamental usada en la reforestación urbana y en contenedores, para interiores o como bonsái. Se utiliza para la conservación de suelo, el control de la erosión y como barrera rompevientos. Las hojas tiernas se usan como follaje para diversos tipos de ganado. Su fruto se consume fresco o en conserva.

***Ficus microcarpa* (Laurel de Indias)**



Descripción. Árbol perenne, corpulento, con una altura máxima de 20 m. Es de rápido crecimiento.

Importancia. Uso ornamental.

Hoja. Copa globosa, amplia y frondosa. Las hojas son simples, alternas, más o menos ovado-elípticas, de 4-10 cm de longitud por 2-4 cm de ancho. Margen entero y ligeramente coriáceas. Son de color verde oscuro.

Corteza. Lisa y grisácea.

Fraxinus uhdei (Fresno)



Descripción. Árbol dioico caducifolio, de copa compacta y redondeada, que ofrece sombra densa. Su tronco es recto, con ramas ascendentes, y mide hasta 30 m de altura. Es de crecimiento rápido y vive de 80 a 100 años.

Hojas. Sus hojas son pinnaticompuestas, opuestas, y miden de 20 a 30 cm de largo. Tienen entre 5 y 9 folíolos por hoja, generalmente 7; son ovado-lanceoladas, acuminadas o agudas en el ápice y redondeadas o cuneadas en la base. Su margen es entero o crenulado, serrado hacia el ápice; el haz es verde oscuro y el envés pálido y blanquecino; son glabras o pubescentes, y con pecíolo glabro, surcado.

Flores. Sus flores son unisexuales. Están presentes en panículas densas, estaminadas y pistiladas; las masculinas (estaminadas) presentan flores diminutas, de verdes a rojas, sin pétalos, con cáliz en forma campanulada y estambres con filamentos cortos. Las flores femeninas (pistiladas) miden cerca de 5 cm de largo, tienen el cáliz profundamente lobado y el estilo dividido en 2 estigmas de color púrpura.

Frutos. Son sámaras elongadas y aladas, agrupadas en racimos densos que miden de 15 a 20 cm de largo. Cada sámara contiene una sola semilla de color amarillo a café, que mide de 2.5 a 4 cm de largo por 0.6 cm de ancho, y con una ala de oblonga a espatulada, delgada, lisa y aplanada.

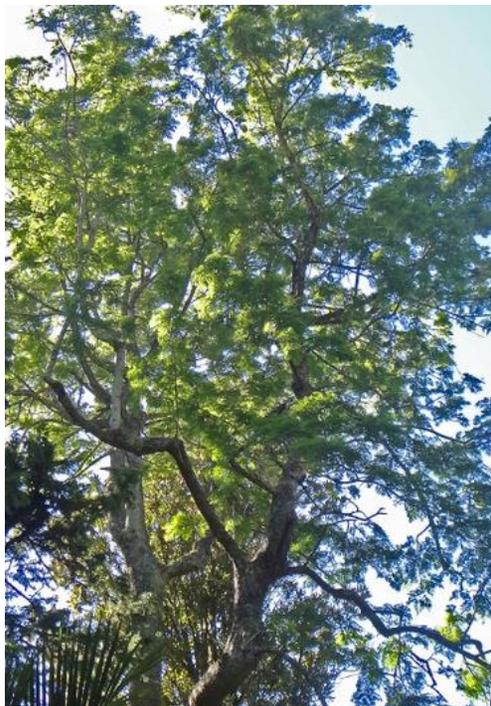
Corteza. Su corteza es de color gris claro a café oscuro, agrietada en placas cuadrangulares profunda.

Distribución en la ciudad. Es una especie de muy amplia distribución en la Ciudad de México y la zona metropolitana.

Usos. Es utilizada como planta de sombra y ornato, si como para la alineación de avenidas o para la recuperación de terrenos degradados. Diversas aves se alimentan de sus frutos. Su madera es comercial. La infusión de su corteza y hojas tiene propiedades febrífugas.

Contaminación ambiental. Sus hojas acumulan polvo. Tiene una alta sensibilidad al ozono, por lo que se considera indicador de la presencia de este contaminante, se recomienda para zonas con niveles bajos de contaminantes.

***Grevillea robusta* (Roble australiano)**



Descripción. Es un árbol monoico, perennifolio, que mide de 20 a 30 m de altura. Su copa piramidal abierta proporciona sombra densa; su tronco es recto y corto, y sus ramas quebradizas. Es de crecimiento rápido y vive alrededor de 50 años.

Hojas. Sus hojas son compuestas, alternas, pinnadas o bipinnadas, lanceoladas, y miden de 15 a 30 m de largo y de 9 a 15 cm de ancho. Se dividen en 11 a 24 segmentos largo-acuminados, que a su vez se vuelven a dividir, dando la apariencia de un helecho. Son de color verde oscuro por el haz y plateado tormentosas por el envés, con pecíolos de 1.5 a 6.5 cm de largo.

Flores. Se presentan en largos racimos en forma de panícula que miden de 7 a 13 cm de largo. Las flores son de color entre anaranjado y amarillo vivo, sin pétalos, y están agrupadas sobre pecíolos delgados.

Frutos. El fruto es una cápsula seca, aplanada, coriácea, dehiscente, negruzca y con una punta curvada en su extremo, formada por el estilo persistente. Mide hasta 2 cm de largo, con 1 o 2 semillas aladas color café.

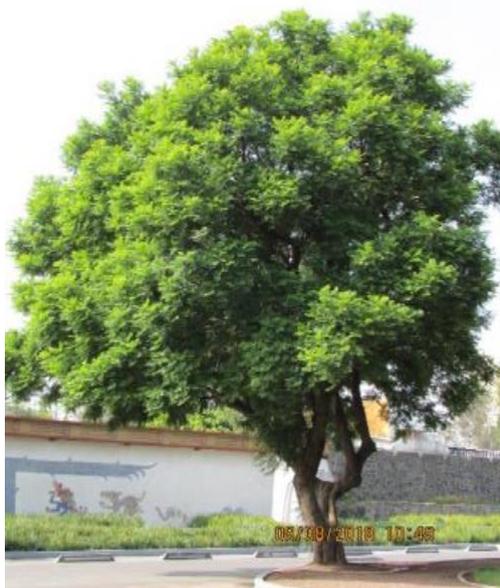
Corteza. La corteza es gris oscura, muy fisurada y agrietada con la edad.

Distribución de la ciudad. Se encuentra presente en diferentes parques y jardines de la ciudad, principalmente en los parques antiguos como el de Tláhuac, los Viveros de Coyoacán, Ciudad Universitaria, etc. En la Alameda Central se encuentran muchos individuos de esta especie, también en Avenida Chapultepec, entre Sonora e insurgentes.

Contaminación ambiental. Se considera tolerante a la contaminación del aire.

Usos. Árbol ornamental en parques y jardines. También se utiliza como cortina rompevientos, para el control de la erosión, la restauración de zonas degradadas y la conservación de suelo.

Jacaranda mimosifolia (Jacaranda)



Descripción. Árbol monoico, caducifolio, de copa extendida y ovalada que ofrece sombra ligera, y de tronco recurvado. Es de crecimiento rápido en sus primeros años de desarrollo. Mide de 6 a 10 m de altura y vive entre 40 y 50 años.

Hojas. Son compuestas, opuestas, bipinnadas, miden de 15 a 30 cm de largo y tienen 16 o más pares de pinnas, cada una de ellas son 14 a 24 pares de folíolos obovados de 1 cm de largo y color verde grisáceo.

Flores. Son racimos como panículas, presentes en el extremo de las ramas, que miden hasta 25 cm de largo y cubren todo el árbol. Cada flor tiene forma de trompeta o campana, construida por una corola con 5 lóbulos desiguales, de color azul o lila; miden 3 a 5 cm de longitud.

Frutos. El fruto es una cápsula leñosa, aplanada, casi circular, dehiscente y con los bordes ondulados, que abre en la madurez; después de madurar permanece en el árbol. Mide de 6 a 7 cm de diámetro; las semillas son aladas y de textura papirácea.

Corteza. El color de la corteza va de verde a café claro cuando joven, y de gris claro a gris oscuro en la madurez; es rugosa, fisurada y delgada; se daña fácilmente por impactos mecánicos y se desprende a medida que el árbol crece.

Distribución de la ciudad. Se encuentra presente en diversos puntos de la Ciudad de México.

Usos. Especie de ornato en parques y jardines, y para alineación en camellones centrales con suficiente espacio. La madera se emplea para la fabricación de muebles y la decoración interior de coches de lujo. Se utiliza en la medicina tradicional.

Contaminación ambiental. Se sabe que absorbe gran cantidad de plomo, aunque en ambientes muy contaminados el follaje se ve afectado, por lo que se recomienda plantarla en calles con bajo tránsito vehicular.

Ligustrum lucidum (Trueno)



Descripción. Árbol monoico, perennifolio, que alcanza hasta 8 m de altura. Su copa es frondosa, densa, redondeada u oblonga. Es de crecimiento rápido; vive alrededor de 40 años.

Hojas. Sus hojas son simples, opuestas, de forma ovada u oblongo-elíptica, pecioladas, y miden de 6 a 12 cm de largo. De ápice obtuso a agudo, base redondeada a anchamente cuneada y margen entero, algo revoluto; las hojas son gruesas, coriáceas, y tienen haz de color verde oscuro, lustroso y glabro, y envés de un verde mucho más pálido.

Flores. Nacen en panículas terminales de 10 a 20 cm de largo y casi lo mismo de ancho. Cada flor es blanca, perfecta, sésil o subsésil, con 2 estambres insertos en el tubo de la corola, cuyos 4 lóbulos son tan largos como el tubo. El estilo es cilíndrico y el ovario tiene 2 lóbulos, cada uno con 2 óvulos.

Frutos. Los frutos se presentan en grandes racimos muy llamativos, formados de drupas semejantes a una baya oblonga; son de color negro azulado, miden cerca de 1 cm de largo.

Corteza. La corteza es lisa, de color gris claro u oscuro o casi negro. Es delgada y se daña fácilmente por impactos mecánicos.

Distribución en la ciudad. Especie cultivada ampliamente en la ciudad, se encuentra en parques, jardines y en alineación de avenidas y calles.

Contaminación ambiental. Se le considera tolerante a la contaminación atmosférica debida a bióxido de azufre; se recomienda su plantación como árbol de alineación de calles, debido a que tolera la contaminación producida por los automóviles. Se ha encontrado que el nitrato peroxiacetílico, gas fitotóxico que forma parte del smog, provoca disminución en el crecimiento del trueno en el Bosque de Chapultepec.

Usos. Se utiliza como árbol ornamental; es muy adecuada para espacios compactos, y se usa también para la formación de bonsáis. Sus frutos son muy apetecibles para varias especies de aves. A su fruto se le reconocen propiedades antibacteriales.

Persea americana (Aguacate)



Descripción. Árbol perennifolio, altura de 15 m.

Hoja. Hojas grandes, verdes, simples y alternas de 6-30 cm de largo. Copa densa y muy abundante...

Flores. Pequeñas, arracimadas, fragantes, blanco-verdosas, 1-3 cm de ancho.

Fruto. Comestible, baya de una semilla, oval, de superficie lisa o rugosa, y piel fona o gruesa, cuando está maduro, la pulpa tiene una consistencia como de mantequilla dura. Es muy rico en proteínas y en grasas con un contenido en aceite de 10 a 20 por ciento.

Corteza. Rugosa.

Importancia. Su fruto es comestible debido a su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales. De su rica grasa pueden extraerse aceites que, una vez procesados, son utilizados en la industria cosmética y farmacéutica.

***Pinus ayacahuite* (Pino ayacahuite)**



Descripción. Árbol perennifolio que tiene gran porte, alcanza de 12 a 35 m de altura. Su tronco es recto y su copa piramidal, con ramas extendidas y verticiladas. Su crecimiento es moderado y vive alrededor de 100 años.

Hojas. Sus hojas son aciculares, delgadas y triangulares, y miden de 10 a 18 cm de longitud. Están presentes en la extremidad de la ramilla, son de color verde oscuro, con vaina amarillenta, y generalmente están agrupadas en fascículos de 5. Su superficie abaxial es verde brillante y la adaxial es glauca.

Conos. Los conos masculinos aparecen en los extremos de los nuevos brotes. Son de color amarillo o café-naranja, su forma va de ovoide a cilíndrica y miden de 7 a 10 de longitud. Los femeninos nacen cerca del final de las ramas principales y aparecen en grupos de 2 a 4. Sus conos, levemente curvados, son colgantes, con un pedúnculo de 2.5 cm de longitud; presentan escamas grandes y gruesas color café rojizas, y cuando maduran y abren, miden de 15 a 40 cm de largo por 7 a 15 cm de ancho.

Corteza. La corteza es grisácea delgada, suave y lisa en los árboles jóvenes. Con los años llega a ser rugosa, café, grisácea, y se divide en pequeñas placas rectangulares.

Distribución en la ciudad. Se encuentra en diversos parques urbanos, en el Jardín Botánico de la UNAM y en los alrededores de la ciudad. Como en el Desierto de los Leones, en La Venta, en la cañada de Contreras y en el Jardín Botánico de Xochitla Parque Ecológico.

Clima. Se cultiva en climas templados, sin fríos extremos. No se adapta al calor ni a ambientes áridos.

Contaminación ambiental. En general, el género *Pinus* es sensible al ozono en el valle de México, hecho que reduce el tiempo de permanencia de las acículas en el árbol, que es de 1 a 2 años, cuando en condiciones normales es de 5 a 6 años.

Usos. Especie de gran importancia en México, es materia prima para la fabricación de diversos productos de uso doméstico e industrial. Su madera es comercial. Se usa como planta medicinal. Asimismo, es considerado como el árbol de Navidad. Es recomendable usar este árbol para la reforestación de parques y jardines en zonas urbanas y suburbanas.

Pinus halepensis (Pino de Alepo)



Descripción. Árbol de 15 a 20 m de altura y hasta 70 cm de diámetro normal.
Corteza. Grisácea o blanquecina.

Hojas. Salen en grupos de dos, son muy finas y alargadas, tienen forma de acícula y miden generalmente de 6-10 cm de largo por 1mm de grosor o menos.

Conos. Pequeños de 4.8 cm de largo, y están sujetas por un rabillo más o menos grueso y de 1-2 cm de largo.

Usos. Se utiliza de dunas, en terrenos erosionados, además de tener un potencial para cortina rompevientos de corta altura. Ornamental en parques y jardines. La madera no es tan apreciada como en otras especies por su abundante resina y su porte pequeño y tortuoso, pero se ha usado para elaborar piezas no muy grandes, embalajes, aglomerados, obtener carbón e incluso resina.

Origen. Zona mediterránea de Europa, Asia y África.

Pinus lumholtzii (Pino llorón)



Descripción. Árbol de 15-20 m de altura y de 30-50 cm de diámetro normal.

Distribución. Se encuentra en los estados de Chihuahua, Durango, Sinaloa, Sonora, Zacatecas, Nayarit, Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato.

Origen. Nativo de México.

Usos. Se usa como aserrío de cortas dimensiones y leña combustible. Por ser madera dura, pesada y textura fina se usa para artesanías e instrumentos musicales. Tiene potencial para restaurar zonas de baja precipitación o suelos erosionados y como ornato. Potencial en construcciones rurales, cancelería, tarimas, pisos rústicos, pilotes, postes para cercas. En plantación cuidar la procedencia geográfica dada su gran distribución ambiental, especialmente la temperatura.

Pinus montezumae (Ocote)



Descripción. Árbol perennifolio de 25 a 30 m y diámetro normal de 50 a 90 cm; con un crecimiento de rápido a moderado.

Corteza. Moreno-rojiza, gruesa, áspera y agrietada.

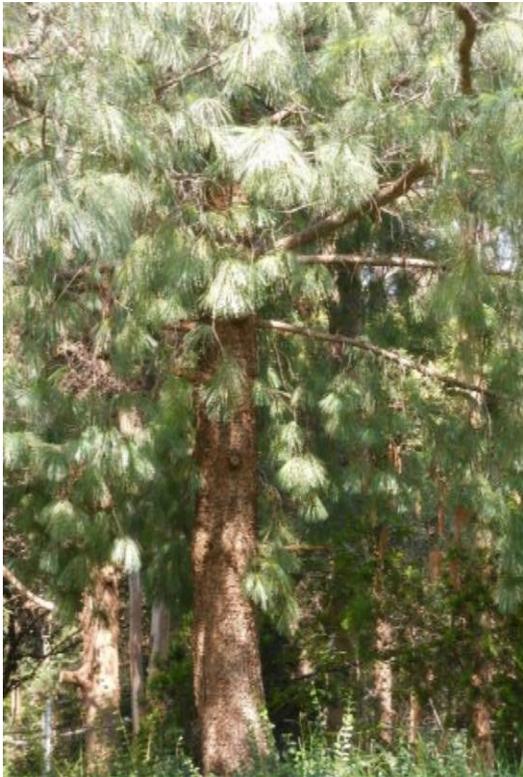
Hojas. En grupos de 5, ocasionalmente 4 en algunos fascículos, anchamente triangulares, de color verde oscuro; con una longitud de 14 a 27 cm, medianamente gruesas y fuertes, extendidas o colgantes, flexibles, con bordes aserrados, con vainas de 10 a 20 mm de longitud, de color castaño al principio y oscuro después.

Conos. Son oblongos, color púrpura o moreno azulado, con escamas anchas. Los conos son largamente ovoides, ovoide cónicos u oblongos cónicos, poco asimétricos y algo encorvados, de 8.5 a 15 cm de longitud, caedizos, color moreno, opacos, colgados por pares o en grupos de 3; extendidos o ligeramente colgantes, casi sésiles o sobre pedúnculos de 10 a 15 mm de largo.

Distribución en México. Presenta una amplia distribución, extendiéndose sobre la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre de Chiapas. Se ha reportado en los estado de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Estado de México, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Ciudad de México, Zacatecas, Querétaro y Morelos.

Usos. Su madera se utiliza para la fabricación de muebles, estructuras, celulosa, cajas de empaque, puntales para minas, durmientes, postes, duelas, cercas, construcciones pesadas y livianas, chapa, triplay y extracción de resina. La resina se emplea en la fabricación de aguarrás y brea.

Pinus patula (Ocote colorado)



Descripción. Árbol perennifolio, monoico, de copa más o menos esférica y torcida, alcanza hasta 35 m de altura y un DAP de 50 a 90 cm. Con crecimiento acelerado, porte alto y copa abierta.

Hojas. Aciculares de 3 o 4 por fascículo, de 15 a 25 cm de longitud, laxas, anchas y colgantes, el renuevo de hojas se presenta en 2 periodos, febrero y mayo, las vainas miden 15 mm de largo, son fuertes y de color café.

Conos. Los masculinos organizados en racimos son de color amarillo, se producen de enero a abril. La polinización es anemófila. En marzo el polen queda en libertad. Los femeninos son solitarios o en grupos, serótinicos, brillantes, persistentes, de color gris-claro o marrón. Cuando son jóvenes presentan un color purpúreo y se encuentran en la parte superior de la copa. Las escamas tienen espinas deciduas. Presentan de 100 a 150 escamas de color café-amarillento, con el umbo plano.

Semillas. Son pequeñas, color café oscuro, miden entre 4 y 5 mm de largo con el ala café clara de 17 mm de largo.

Corteza. Papirácea, escamosa, de color rojizo en la parte superior del tallo, presenta placas grandes y alargadas las cuales se desprenden con facilidad, fisuradas y profundas.

Distribución. En los estados de Chiapas, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Tamaulipas y Veracruz. Contaminación ambiental. Soporta mucha contaminación y lugares con poco suelo.

Usos. Se recomienda su uso en camellones amplios, jardines, parques, áreas suburbanas y zonas boscosas. La madera se emplea para ebanistería, industria del papel y en la construcción de cajas y material de embalaje.

***Pinus radiata* (Pino de Monterrey)**



Descripción. Árbol monoico perennifolio que alcanza de 13 a 33 m de altura, con copa piramidal que da una sombra densa. Su tronco es recto, con ramas verticiladas que crecen de manera horizontal en la base pero son ascendentes en los extremos. Es de crecimiento rápido y llega a vivir más de 100 años.

Conos. Su forma ovoide-cónica y miden de 7 a 12 cm de largo, y de 5 a 6 cm de diámetro. Son de color café castaño claro, con un pedúnculo corto, persistentes y agrupados en conjuntos de 3. Las escamas de los conos están más desarrolladas de un lado; las semillas son elipsoidales, algo comprimidas, oscuras, de cerca de 6 mm de largo y con alas color moreno claro.

Corteza. De color marrón oscuro, la corteza es rugosa y quebrada en anchas escamas.

Contaminación ambiental. Es sensible a la contaminación del aire por ozono y partículas suspendidas, también acumulada mucho polvo en su follaje.

Usos. Es uno de los pinos más valiosos del mundo por su rápido crecimiento y la calidad de su madera. Hay alrededor de 4 millones de hectáreas de plantaciones comerciales de esta especie, principalmente en países del hemisferio sur, como Nueva Zelanda, Chile, Australia, Argentina y Sudáfrica; en el hemisferio norte, en España. Como árbol para reforestación urbana no ha sido satisfactorio, ya que lo dañan diferentes insectos y enfermedades y es susceptible de ser dañado por contaminantes. Sin embargo, podría probarse en zonas suburbanas y rurales.

Distribución en la ciudad. En la década de los 80 del siglo XX, fue un árbol muy utilizado en las reforestaciones del cinturón verde de la Ciudad de México y para alineamiento de avenidas y calles. En algunos lugares se encuentra en pequeños manchones; por ejemplo en el parque Luis G. Urbina; en la avenida Insurgentes, esquina con el Periférico, o en el estacionamiento posterior de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Prunus domestica (Ciruelo)



Descripción. Árbol de porte medio, caducifolio, vida aproximada de 20 años, altura de 2.5 a 8 m, cobertura vegetal de 4 a 5 m y DAP de 0.3 m. su copa nace desde abajo y mide de 5 a 10 m, es una especie de leñosa. El tronco es simpódico, erecto y cilíndrico. Las ramas son gruesas, redondeadas.

Hojas. Alternas, aglomeradas en los extremos de las ramitas; pinnadas, compuestas, presenta un tono verde oscuro en el haz y púrpura en el envés. La caída de las hojas va de octubre a diciembre.

Flores. Bisexuales y pequeñas. Inflorescencia solitaria, color grisáceo. La floración va de marzo a abril.

Fruto. Drupa elipsoide, de color amarillo a anaranjado, rojo o violeta. Cuando madura es dulce y agradable, tiene el hueso liso. Fructifica de abril a mayo y madura de mayo a junio.

Corteza. Con lenticelas, ligeramente rugosa, color café-rojizo a grisáceo.

Contaminación ambiental. Soporta condiciones de contaminación ambiental moderada.

Usos. Como complemento alimenticio y ornato. Se consume fresco o seco como ciruela pasa en distintos preparados caseros, licores, mermeladas, jugos, confituras y conserva. El polen puede llegar a causar alergia. El fruto sirve como alimento a la fauna silvestre. Tiene propiedades laxantes. Se le encuentra cultivado en jardines y huertos, se adapta bien a espacios reducidos. Su valor ornamental radica en el color de su follaje y en su floración. Es uno de los frutales que fructifican bien en el Valle de México. Su madera es de color rojizo, fácil de trabajar y se puede crear un buen acabado por lo que se usa en carpintería. También sirve para sazonar la sidra. De la corteza se obtiene un colorante pardo rojizo y del fruto uno azulado.

Prunus pérsica (Durazno)



Descripción. Árbol monoico caducifolio de hasta 6 m de altura. Su copa es redondeada irregular, de 5 a 7 de diámetro. Es de ramas extendidas, crecimiento rápido y corta vida.

Hojas. Sus hojas son simples, con duplicadas en las yemas o brotes, perfumadas y de forma elíptico-lanceolada, más anchas hacia la mitad, y de 8 a 15 cm de largo por 2 a 3.5 cm de ancho. El ápice es largamente acuminado, la base varía de aguda a acuminada o ancha cuneada, y el margen es finamente aserrado. Las hojas son superficie glabra y lustrosa, de color verde brillante por ambas caras; el pecíolo de 1 a 1.5 cm de largo, con 2 a 4 glándulas cerca del limbo.

Flores. Son fragantes y atractivas, perfectas, de 2.5 a 5 cm transversalmente, con 5 pétalos rosas, cáliz con 5 sépalos en su cara externa, pubescentes y con 20 a 30 estambres. Tienen ovario tomentoso, sésil y con una cavidad; el pistilo es solitario con un estilo terminal simple.

Frutos. El fruto es drupa subglobosa de buen tamaño, la epidermis es una cubierta aterciopelada-tomentosa. Mide de 5 a 8.5 cm de diámetro y es de color amarillento, con tonalidades rojizas.

Corteza. La corteza es lisa, cenicienta, apenas fisurada; se llega a desprender en láminas y se daña fácilmente por impactos mecánicos.

Distribución en la ciudad. Se encuentra en parques antiguos, como el Jardín Centenario de la delegación Coyoacán, el Bosque de Chapultepec, el parque Luis G. Urbina (Hundido), la Alameda de Santa María de la Ribera, y el zócalo delegacional de Azcapotzalco.

Contaminación ambiental. Se le conoce tolerancia a los fluoruros presentes como contaminantes ambientales y al ozono.

Usos. Es apreciado como árbol ornamental por la belleza de sus flores y frutos. La especie es adecuada para calles de mediana anchura, para estacionamientos. El fruto se consume fresco o en conservas y mermeladas.

Prunus serótina (Capulín)



Descripción. Árbol o arbusto monoico caducifolio, alcanza de 5 a 15 m de altura, de ramas algo colgantes y copa ancha de forma ovoide, proporciona sombra densa. Es de crecimiento moderado a rápido y vive de 40 a 60 años.

Hojas. Las hojas son simples, alternas, de ovadas a lanceoladas, y miden de 5 a 10 cm de largo por 2 a 5 cm de ancho, con pecíolos cortos de 1 a 2 cm de largo. Son de ápice acuminado, base aguda u obtusa, margen finamente aserrado, delgadas, de color verde oscuro y lustrosas, con nervio prominente en el envés.

Flores. Las flores se presentan en racimos axilares colgantes, generalmente laxos, alargados, de 10 a 15 cm de largo; son pequeñas, numerosas, de color blanco, atractivas y algo aromáticas. Florece en primavera.

Frutos. El fruto es una drupa globosa, de color rojo a negro en la madurez. Es comestible, de sabor agradable, agrídulce y algo astringente; contiene una sola semilla esférica, rodeada por un endocarpio o hueso leñosos. Maduran a finales del verano.

Corteza. La corteza es casi lisa, glabra y a veces pubescente en las ramas tiernas. Es de color café o grisácea, y se daña fácilmente por impactos mecánicos.

Distribución en la ciudad. Se encuentra distribuida ampliamente en las áreas silvestres de los alrededores de la Ciudad de México. Está presente en parques, como el Luis G. Urbina (Hundido), en el Bosque de Chapultepec y los Viveros de Coyoacán, y en Xochitla Parque Ecológico.

Contaminación ambiental. Es de sensible a moderadamente tolerante al ozono.

Usos. Árbol ornamental, sus frutos se comen crudos o en conserva, y también se elabora una bebida alcohólica. Se le atribuyen propiedades medicinales como expectorantes, febrífugo, sedante, y para combatir la diarrea; en jarabe se emplea contra la tos. Hojas y semillas son alimento de las aves y otros mamíferos. La madera sirve para fabricar muebles finos. La semilla contiene, entre 30 y 40% de aceite, el cual se utiliza en la elaboración de jabones y pinturas.

Pyrus communis (Pera)



Descripción. Árbol caducifolio, puede alcanzar por los 15 m de altura. .

Hoja. Son ovadas o elípticas, algo lustrosas por el haz, con pecíolo de igual longitudinal que la lámina o más corto; las hojas tienen margen ligeramente serrado.

Flores. Forman cistosos ramilletes en la terminación de las ramillas, son grandes y de color blanco o blanco-rosado y el cáliz formado por 5 sépalos lanceolados que aparecen estrechados en la punta.

Fruto. Es un pomo, de muy agradable sabor,

Corteza. Tronco alto y grueso. La corteza es de color grisáceo y aspecto agrietado.

Importancia. El fruto se utiliza en la gastronomía, ya que es rico en vitamina B y también potasio. Se usa en la medicina tradicional. La madera se emplea en las artesanías y para la fabricación de instrumentos musicales.

***Quercus castanea* (Encino capulincillo)**



Descripción. Árbol caducifolio de 5 a 15 m de alto, su tronco mide entre 40 y 80 cm de DAP. Corteza. Casi lisa de color gris, agrietada en la madurez.

Hojas. Deciduas, gruesas, coriáceas, con formas variadas, elípticas, elíptico-oblongas, oblanceoladas o lanceoladas, las láminas miden 1.8 a 11.6 cm de largo por 1 a 5.5 cm de ancho, ápice agudo u obtuso y aristado.

Flores. Amentos masculinos miden 6 cm de largo, poseen pedúnculos pubescentes y 1 perianto de 1.5 a 2 mm de diámetro, borde ciliado, las anteras miden 1.5 mm de largo y los filamentos 1 mm de largo. Amentos femeninos poseen 1 o 2 flores que se ubican en pedúnculos que miden de 3 a 5 mm de largo, con pubescencia escasa formada por tricomas estrellados.

Fruto. Anual, de 1 a 2 frutos; cúpula hemisférica y mide de 9 a 14 mm de diámetro posee escamas algo engrosadas en la base, ápice obtuso y papiráceo. Son pubescentes a casi glabras, de color café rojizo. Bellota anchamente ovoide, la pared interna del pericarpio lanosa, mide de 5 a 15 mm de largo por 8 a 11 mm de diámetro.

Contaminación ambiental. Tolera la contaminación atmosférica. La caída de sus hojas contribuye al saneamiento del aire gracias a los contaminantes que atrapa el follaje.

Usos. Se emplea en artesanías, el tallo se usa para elaborar mangos de implementos agrícolas, trompos y valeros, así como en la construcción de ejes para carreta. También se utiliza como combustible. La bellota es consumida por el ganado. También se utiliza en la medicina tradicional. El aprovechamiento de corteza derivada de esta especie está regulada por la NOM-005-RECNAT-1997. A su vez el aprovechamiento de leña derivado de esta especie está regulado por la NOM-012-RECNAT-1996.

Quercus rugosa (Encino quiebra hacha)



Descripción. Árbol monoico caducifolio, llega a medir hasta 30 m de altura. Su copa amplia y redondeada brinda sombra densa. Es de crecimiento lento y vive de 100 a 150 años.

Hojas. Sus hojas son de forma ovada, elíptico-obovada o casi suborbiculares, de 5 a 20 cm de largo por 3 a 13 cm de ancho. Son gruesas y rugosas, rígidas, coriáceas, cóncavas por envés, con pecíolo de 5 a 10 mm de largo, ápice anchamente obtuso o redondeado y margen engrosado, con ondulaciones hacia la mitad distal de la hoja, terminando en una especie de mucrón. La base es redondeada o cordada, con 8 a 12 pares de nervios laterales, haz lustroso y glabro, envés tomentoso con abundantes pelos glandulares, color ámbar o rojizo; epidermis glauca, cerosa y papilosa.

Flores. Se presentan en amentos. Los masculinos miden de 3 a 6 cm de largo, tienen muchas flores y son tomentosos; los femeninos miden de 2 a 12 cm, las flores están distribuidas en un pedúnculo largo, delgado y pubescente.

Frutos. Sus frutos son bellotas ovoides y puntiagudas; se presentan solitarias o en grupos de 2 ó 3. Miden de 10 a 25 mm de 10 a 25 mm de largo por 8 a 15 mm de ancho, con

una tercera parte o la mitad de su largo incluida en una cúpula hemisférica rígida, la cual presenta escamas pubescente de color café y un pedúnculo corto.

Corteza. La corteza presenta fisuras profundas, de color café oscuro.

Distribución en la ciudad. Tiene amplia distribución dentro de las áreas silvestres de la ciudad y en el Bosque del Pedregal; también se encuentra en el Bosque de Chapultepec, el Parque de la Bombilla y en el Jardín Botánico de Xochitla Parque Ecológico.

Contaminación ambiental. El género se caracteriza por su tolerancia a los fluoruros.

Usos. Especie ornamental; el ganado consume sus hojas y frutos. Su corteza y agallas de las hojas tienen gran cantidad de taninos, que se utilizan para teñir pieles. Se utiliza en la medicina tradicional. Su presencia es importante en los bosques porque la descomposición de su hojarasca forma del tipo de suelo conocido como "tierra de hoja", y porque contribuye a la infiltración y a la conservación de los mantos acuíferos.

Schinus molle (Pirul)



Descripción. Árbol monoico perennifolio, que llega a medir hasta 15 m de altura. Su copa ancha y redondeada brinda sombra moderada; sus ramas son colgantes. Es de crecimiento rápido y vive alrededor de 100 años.

Hojas. Sus hojas son compuestas, alternas, de 15 a 30 cm de largo, colgantes y con savia lechosa. Son imparipinnadas; tienen de 19 a 41 folíolos, sin pecíolos, que miden de 1 a 5 cm de largo, estrechamente lanceolados y ligeramente curvados en la punta. Son de ápice acuminado o agudo, base cuneada a obtusa, margen entero o ligeramente serrulado, superficie glabra o puberulenta, y de color verde amarillento en ambas superficies.

Flores. Las flores se presentan en panículas axilares a las hojas terminales; cada panícula mide de 10 a 15 cm de largo, y son algo puberulentas. Son pequeñas y numerosas, de color amarillento, miden 0.6 cm transversalmente; son de cáliz corto, con 5 lóbulos, glabros de escasos pelos, 5 pétalos imbricados de 0.2 cm de largo, de ovados a oblongos y glabros; tienen 10 estambres alternados con los pétalos, pistilo tricarpelar, 3 estilos libres por arriba y 3 estigmas.

Frutos. Son drupas que aparecen en racimos colgantes, cada uno mide de 0.5 a 0.9 cm de diámetro, son de color rosado o rojizo, con exocarpo coriáceo, lustroso, seco en la madurez, y mesocarpo delgado y resinoso.

Corteza. La corteza es rugosa, fisurada y de color grisáceo o marrón oscuro.

Importancia. Se utiliza como árbol, para alineación, como cortina rompevientos y para reforestación y para reforestar áreas muy degradadas; asimismo, se emplea en el control de la erosión y para fijar taludes; es formador de suelo. La especie se usa en la medicina tradicional. Sus frutos se venden como alimento para algunas aves canoras que viven enjauladas. Su ceniza se emplea como blanqueador de ropa.

Distribución en la ciudad. Es muy frecuente en parques y bosques de la Ciudad de México, también en áreas rurales y a la orilla de las carreteras.

***Schinus terebinthifolius* (Pirul chino)**



Descripción. Árbol monoico de hasta 10 m de altura.

Hoja. Son compuestas y grandes, de 10 a 22 cm de largo, con 7 a 9 hojuelas ovaladas de 3 x 2 hasta 6 x 5 cm.

Flores. Blancas diminutas de 0.2 cm, crecen en racimos colgantes.

Fruto. Pequeño, globos, rojo brillante y carnoso, con semilla única, se produce en racimos.

Importancia. Sus frutos se venden como pimienta rosa, pero cuando se usa en exceso puede llegar a ser tóxico. También se usa en la fabricación de carbón. Se utiliza en la medicina tradicional y para la fabricación de resina.

Senna multiglandulosa (Retama)



Descripción. Arbustos o árbol pequeño, monoico, caducifolio, que mide de 1 a 4 m de altura. Su copa redondeada de poca sombra. Su tronco es ramificado y tomentoso. Es de crecimiento rápido y su vida es corta.

Hojas. Las hojas son compuestas, pinnadas, con 6 a 8 pares, alternas, densamente tomentosas, con la cara inferior muy pálida. Su raquis es tomentoso con glándulas entre los folíolos. Las pinnas son oblongas o elípticas, miden 1 a 3 cm de largo por 5 a 10 mm de ancho; son de ápice obtuso o agudo a menudo mucronado, margen entero y base redondeada.

Flores. Las flores se presentan en panículas axilares. Son de color amarillo, muy llamativas, con 5 pétalos que miden de 1.2 a 1.5 cm de largo y algo desiguales, son receptáculo levemente cóncavo.

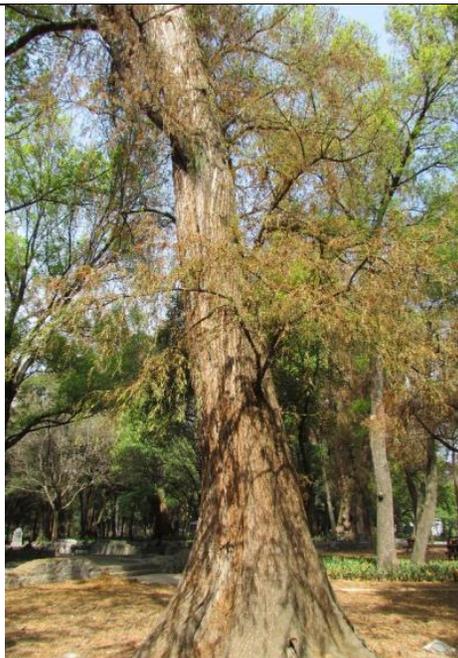
Frutos. Es una legumbre. Mide de 8 a 12 cm de largo por 7 mm de ancho, es subcilíndrica, comprimida, de color verde antes de madurar, con septos transversales notorios. Sus semillas son de forma semilunar, cada una mide 5 mm de largo por 3 mm de ancho, son color café claro y están dispuestas de manera transversal.

Corteza. La corteza es de color café oscuro.

Distribución en la ciudad. Aparte de su distribución silvestre, puede encontrarse en parques como Tezozómoc, Luis G. Urbina (Hundido), Bosque de San Juan de Aragón y el Jardín Botánico de Ciudad Universitaria, así como en el Parque Ecológico de Xochimilco.

Usos. Es un arbusto ornamental muy llamativo cuando está en floración, por lo que es muy utilizado en parques y jardines como pantalla para bloquear paisajes no deseables. También se utiliza en programas rurales de reforestación, principalmente en el centro de México. Las vainas contienen glucósidos purgativos usados como laxantes; sus flores son comestibles. La corteza, raíces y hojas contienen muchos taninos que pueden ser utilizados para teñir; las ramas se usan para hacer canastas artesanales. En la medicina tradicional se usa contra inflamaciones y para combatir la fiebre tifoidea y la disentería; actualmente se ha encontrado que tiene propiedades para ser utilizada en el tratamiento del cáncer, por lo que se realizan investigaciones al respecto.

Taxodium mucronatum (Ahuehuete)



Descripción. Árbol subperennifolio, con altura de 20 a 30 m, y un diámetro de copa de 9 a 30 m con forma piramidal. El tronco es recto de base expandida, con ramas robustas subdivididas en ramillas delgadas. Es de crecimiento moderado y su edad se mide por centurias (hasta 2 mil años).

Hojas. Sus hojas son deciduas, alternas en dos hileras colocadas en el mismo plano, entre 40 y 50 de cada lado de la ramilla. Miden de 6 a 12 mm de largo por 1 mm de ancho, y son color verde, lineares, rectas o algo encorvadas, de ápice agudo y hialino y nervadura principal notoria.

Conos. Los conos son subglobosos, miden 2 cm de diámetro, y están formados por entre 20 y 28 escamas trapezoidales y rugosas. Son duros, dehiscentes y aromáticos; son de color verde con tinte azulado cuando jóvenes, y leñosos cuando maduran. Tienen dos semillas en cada escama, cada una de 9 mm de ancho.

Corteza. Su corteza es café rojizo, lisa, pero se desprende en tiras longitudinales de estructura fibrosa.

Distribución en la ciudad. Se le encuentra disperso y en un número reducido tanto en parques como en avenidas de la ciudad, por ejemplo, en el Bosque de Chapultepec, el Parque de la Bombilla, la avenida Río Churubusco, la avenida Universidad, el parque del ex Convento de Churubusco, los Viveros de Coyoacán, en los alrededores del deportivo municipal de Cuautitlán, México, y en Xochitla Parque Ecológico.

Usos. Especie ornamental y de sombra. Con la madera se elaboran canoas, postes y vigas. Su resina se usa para curar heridas, úlceras, enfermedades cutáneas, dolor de dientes o reumas; la corteza sirve como diurético. En el valle de México se ha utilizado como indicador de la presencia de mantos acuíferos superficiales. Sus hojas se emplean para arreglos florales y de altares, por lo que su uso está sujeto a la norma NOM-007-REC-NAT-1997, que regula el aprovechamiento de ramas, hojas, flores, frutos y semillas.

Contaminación ambiental. No se reporta que sea afectado por la contaminación.

***Thuja occidentalis* (Tuya occidental)**



Descripción. Árbol o arbusto que llega a medir hasta 20 metros de altura. Tiene un porte piramidal con tono verde muy oscuro.

Hojas. Escamiformes dispuestas en 4, con la cara superior verde reluciente, mientras que el envés es algo amarillento.

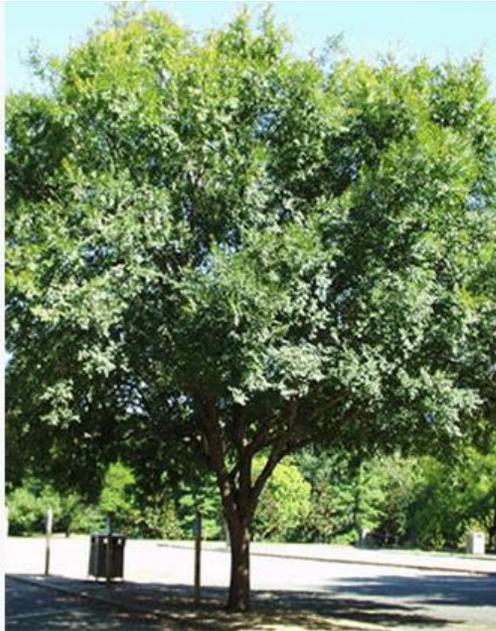
Conos. Erectos, alargados de 8-20 mm de longitud, de color marrón claro, formados por 8-12 escamas planas, delgada, con el ápice redondeado, ligeramente mucronado.

Corteza. Es pardo rojiza con grietas longitudinales.

Origen. En las montañas rocosas de Estados Unidos.

Usos. La Tuya siempre se emplea como espécimen ornamental y en setos medio-altos.

Ulmus parvifolia (Olmo chino)



Descripción. Árbol monoico, alcanza los 15 m de altura, las ramas son delgadas y la copa es abierta, amplia y redondeada, es de crecimiento rápido, vive alrededor de 40 años.

Hojas. Caducas, simples, alternas, textura subcoriácea, forma elíptica a ovada, ápice agudo a obtuso, margen serrado simple, base redondeada a cuneada y ligeramente desigual, de 2 a 6.5 cm de longitud, superficie superior glabra o algo áspera, con papilas diminutas, envés glabro o con pelos pálidos diseminados y más pilosa sobre la venación; color más bien lustroso, verde olivo a verde oscuro por el haz y algo pálido por el envés, nervación notoria, estípulas lineares, lanceoladas, pecíolos cortos.

Flores. Racimos axilares sobre cortos pedicelos, sobre ramillas de la estación anterior, por lo general bisexuales, con corola ausente, cáliz campanulado, con 4 a 5 lóbulos, dividido debajo de la mitad, tiene tantos estambres como lóbulos tiene cáliz, filamentos rectos, muy exsertos, ovario súpero con una cavidad, un óvulo y dos estilos.

Frutos. Es una sámara aplanada, oval a ovada o elíptica, con un ala membranosa rodeando la semilla y con una muesca en el ápice, de cerca de 0.85 cm de largo y glabra.

Corteza. Color gris, figurada longitudinalmente, la interna es color café rojizo.

Importancia. Especie ampliamente utilizada en alineación de calles y avenidas, es útil para camellones centrales. También se utiliza como árbol ornamental en jardines o parques.

Distribución en la ciudad. Árbol muy utilizado en la alineación de calles y avenidas en diferentes puntos de la ciudad, por ejemplo: la Calzada de Tlalpan (en el tramo que va de la estación del metro General Anaya a Viaducto), también se le encuentra en parques y jardines diversos.

Contaminación ambiental. Se le reconoce tolerancia intermedia al ozono y tolerancia a los fluoruros como contaminantes ambientales, aún con ello se reporta que es una de las especies con alto porcentaje de hojas en mal estado en la Delegación Cuauhtémoc.

