



Eliminación de la contaminación por el bosque urbano en Las Palmas, Colima, México

Air pollution removal by the urban forest in Las Palmas, Colima, Mexico

Sunashi Elizabeth Vázquez Arceo¹, María del Pilar Ramírez Rivera^{1*}, Santiago Arceo Díaz¹
y J. Jesús Solís Enríquez¹

¹ Tecnológico Nacional de México. Campus Colima.
División de Estudios de Posgrado e Investigación.
Villa de Álvarez, Colima, México.

* Autora de correspondencia.
pilar.ramirez@colima.tecnm.mx

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo identificar especies y ejemplares relevantes para la mejora de la calidad del aire en la colonia Las Palmas, en la ciudad de Colima, Colima, México. Para obtener los resultados de cantidad de contaminación del aire eliminada y emitida por especie fue necesario inventariar a los ejemplares de árboles y otras plantas leñosas localizados en espacios públicos del fraccionamiento que cumplieran con un diámetro a la altura del pecho igual o mayor a 2.54 cm, para posteriormente procesar sus datos dasométricos con el software i-Tree Eco v.6.0. De los 1087 ejemplares inventariados se extrajo una submuestra de especies a partir de dos condicionantes: aquellas especies que cuenten con 25 individuos o más y, en el caso de especies con menos de 25 ejemplares, aquellos que, de acuerdo con las estimaciones de i-Tree Eco, muestren la mayor absorción de contaminantes o la mayor emisión de compuestos orgánicos volátiles. Se encontró que el bosque urbano eliminó 214.34 kg de contaminantes en el aire y generó 123.80 kg de bioemisiones de compuestos orgánicos volátiles. En este ámbito se destacan las aportaciones de las especies nativas: parota (*Enterolobium cyclocarpum*), higueras (*Ficus* spp.), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), rosamorada (*Tabebuia rosea*) y mandimbo (*Ehretia tinifolia*); e introducidas: ficus (*Ficus benjamina*), mango (*Mangifera indica*) y tabachín (*Delonix regia*).

PALABRAS CLAVE: calidad del aire, compuestos orgánicos volátiles, dasonomía urbana, especies nativas.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify relevant species and specimens for improving air quality in the Las Palmas neighborhood, Colima, Colima, Mexico. In order to obtain the results of the amount of air pollution eliminated and emitted by species, it was necessary to inventory the specimens of trees and other woody plants located in public spaces of the residential area with a diameter at breast height equal to or greater than 2.54 cm, to later process their dasometric data with the i-Tree Eco v.6.0 software. Of the 1087 inventoried specimens, a subsample of species was extracted based on two determining factors: those species that had 25 or more individuals and, in the case of species with less than 25 specimens, those that, according to the i-Tree Eco, showed the highest absorption of pollutants or the highest emission of volatile organic compounds. It was found that the urban forest removed 214.34 kg of air pollutants and generated 123.80 kg of bioemissions of volatile organic compounds. We highlight the contributions of the following native species: parota (*Enterolobium cyclocarpum*), fig (*Ficus* spp.), guamuchil (*Pithecellobium dulce*), rosamorada (*Tabebuia rosea*) and mandimbo (*Ehretia tinifolia*); and introduced species: ficus (*Ficus benjamina*), mango (*Mangifera indica*) and tabachin (*Delonix regia*).

KEYWORDS: air quality, volatile organic compounds, urban forestry, native species.

INTRODUCCIÓN

Se denomina bosque urbano al arbolado y vegetación que está bajo influencia de las actividades humanas y en zonas urbanas (Benavides-Meza, 1989) que van desde pequeñas comunidades en áreas rurales hasta grandes ciudades metropolitanas. Se incluyen árboles que pueden ser plantados o crecer espontáneamente en terrenos públicos o privados, a lo largo de calles, avenidas, en áreas residenciales, parques y desarrollos comerciales, etc. (Miller, 1988).

La dasonomía es una ciencia forestal que trata sobre el cultivo, cuidado y desarrollo de los bosques, con relación al bienestar humano (Fraume-Restrepo, 2007). Para ordenar, manejar y administrar el arbolado que se encuentra dentro y alrededor de los centros de población se recurre a la dasonomía urbana. Se estudian sus beneficios, las medidas de prevención, mitigación y corrección respecto a los impactos derivados de actividades domésticas, de construcción, vehiculares e industriales (Rivas-Torres, 2001).

Para evaluar los servicios ambientales proporcionados por los árboles, el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) desarrolló i-Tree Eco, una herramienta que ha sido aplicada en países como Canadá, Australia, Reino Unido, Colombia y Corea del Sur (i-Tree, 2021). En 2017 se adaptó el programa a México. Para la integración de su base de datos se recopiló información geográfica, climática, de registros de contaminantes atmosféricos, así como listados de especies e inventarios de arbolado urbano de las principales ciudades del país, entre ellas la ciudad de Colima, Colima siendo la única ciudad referenciada para el estado (i-Tree, 2018).

Para su funcionamiento, i-Tree Eco requiere ser alimentado con un inventario del arbolado a estudiarse. Los inventarios son útiles para conocer la composición y condiciones del arbolado ya incorporación de esta herramienta permite una valoración métrica de bienes intangibles como son el almacenamiento y secuestro bruto de carbono, escurrimiento evitado, producción de oxígeno y eliminación de la contaminación. Esta investigación se

enfoca en el potencial que tienen diferentes especies para la eliminación de contaminantes.

La contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica o contaminación del aire es aquella provocada por residuos o productos secundarios, gaseosos, sólidos o líquidos, que pueden poner en peligro la salud y bienestar del ser humano, las plantas y los animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables (Fraume-Restrepo, 2007). Por su estado físico, pueden ser gases como óxido de azufre (SO_x), de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y el ozono (O_3), o partículas como polvo y aerosoles. El ozono, así como los ácidos sulfúrico y nítrico son contaminantes secundarios ya que se forman a partir de una reacción química de los contaminantes primarios (Morales, 2006). Particularmente, la formación de ozono se produce debido a la interacción de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar. Este contaminante forma parte del *smog* (Fraume-Restrepo, 2007).

En cuanto a las partículas suspendidas, estas según su tamaño pueden depositarse cerca de la fuente de emisión o mantenerse suspendidas y ser transportadas a grandes distancias. Cuando son de un diámetro menor o igual a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) se les denomina como “respirables” por la capacidad de introducirse en las vías respiratorias, que aumenta al ser más pequeñas. Por ejemplo, las partículas con diámetro $\leq 2.5 \mu\text{m}$ alcanzan fácilmente los bronquiólos terminales y los alvéolos, desde donde pueden ser fagocitadas por los macrófagos alveolares y atravesar la barrera alvéolocapilar para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea (Morales, 2006).

Los efectos de la contaminación en la salud humana

Los efectos de estos contaminantes en la salud humana suelen manifestarse en afectaciones del sistema respiratorio. Los impactos específicos a corto plazo se mencionan a continuación (Oyarzún, 2010):



- Ozono (O_3): disminución de frecuencia respiratoria y disminución de capacidad vital forzada (CVF) y volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), alveolitis neutrofílica, aumento de permeabilidad e hiperreactividad bronquial y alteración del epitelio alveolar (células tipo II).
- Monóxido de carbono (CO): disminución en la capacidad de ejercicio.
- Dióxido de nitrógeno (NO_2): hiperreactividad bronquial, aumento de síntomas respiratorios y exacerbaciones de asma, así como en la respuesta a la provocación con alérgenos, además de disminución de la actividad mucociliar.
- Material particulado menor a $2.5 \mu m$ ($PM_{2.5}$): aumento de morbilidad respiratoria, disminución en la función pulmonar, interferencia en mecanismos de defensa pulmonar (fagocitosis y depuración mucociliar) y síndrome bronquial obstructivo.
- Dióxido de sulfuro (SO_2): obstrucción bronquial e hipersecreción bronquial.

A escala estatal, el municipio de Colima es responsable de 5.44% de emisiones de $PM_{2.5}$ (490.6 t/año), 0.13% de SO_2 (118.8 t/año), 20.26% de CO (11386.7 t/año), 13.79% de NO_x (5179.4 t/año) y 14.71% de COV (10916.3 t/año) (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2027).

Los árboles y la eliminación de contaminación en el aire

Los árboles son auxiliares en el aumento de la calidad del aire; eliminando los contaminantes, así como reduciendo la temperatura, el consumo de energía y emisiones de fuentes eléctricas en edificios aledaños. Sin embargo, también generan emisiones contaminantes de compuestos orgánicos volátiles (COV) que afectan negativamente la calidad del aire local y regional al alterar el ambiente de la atmósfera urbana (Nowak, 1995). Los COV son sustancias químicas precursoras de la formación de ozono. La emisión de COV varía entre las especies con relación a características propias

de algunos géneros y la cantidad de biomasa de las hojas (Nowak, 2020).

Durante el proceso de eliminación, estos contaminantes se depositan en la superficie de las hojas de los árboles y otras plantas leñosas (Nowak et al., 2013; Nowak, 2020) pudiendo suspenderse de nuevo en la atmósfera o eliminarse durante las lluvias y disolverse o transferirse al suelo. El resultado puede ser positivo o negativo en relación con la especie y con diferentes factores atmosféricos.

Los resultados obtenidos para este servicio se basan en simulaciones del índice del área de las hojas, procesamiento e interpolación del estado del tiempo y la contaminación, y valores monetarios actualizados de los contaminantes (Hirabayashi et al., 2011; Hirabayashi et al., 2015; Hirabayashi, 2011; Nowak, 2020).

Es así como los árboles tienen un efecto tanto positivo como negativo en el ambiente. Su relación con el clima, la cantidad de contaminación eliminada y las emisiones generadas determinan el impacto de los árboles en la calidad del aire. Derivado de estudios de este tipo se han generado estrategias o recomendaciones de manejo del bosque urbano entre las que se encuentran: aumentar el número de árboles saludables, mantener la cobertura actual de árboles, maximizar el uso de árboles de baja emisión de COV y mantener árboles grandes y saludables, cuyo seguimiento resultaría en una mejora en la calidad del aire a escala local (Nowak, 2000; Nowak y Dwyer, 2007).

En algunas ciudades de México se han elaborado estudios donde también se evalúan los efectos del bosque urbano en el ambiente, los cuales son útiles para comparar el potencial del arbolado tanto en eliminación de la contaminación como emisión de COV en relación con la cantidad de toneladas eliminadas o generadas por unidad de superficie. Entre estos estudios se destacan los generados para Playa del Carmen, Quintana Roo (de la Concha y Reynoso, 2017); Mérida, Yucatán (de la Concha-Drupat et al., 2017); Puebla (Instituto Municipal de Planeación Puebla [Implan], 2018); León, Guanajuato (de la Concha-Duprat, 2020); Texcoco, Estado de México (Martínez-Trinidad et

al., 2021) y Colima, Colima (Instituto de Planeación para el Municipio de Colima [IPCO], 2021).

En Colima, existe un Programa de Gestión para la Mejora de la Calidad del Aire del Estado de Colima 2017-2021, dentro de su Estrategia V. Salud y externalidades, la medida 18 propone mantener y aumentar la cubierta vegetal para disminuir las partículas suspendidas en el aire proveniente de suelos desnudos por deforestación u otras actividades humanas. Además, se pretende poner en marcha programas de reforestación y mantenimiento de áreas verdes y restauración de suelos sin cobertura vegetal introduciendo especies endémicas (Semarnat, 2017).

Se eligió a la colonia Las Palmas por tener el tamaño de muestra y la accesibilidad para realizar el levantamiento del inventario de arbolado y otras plantas leñosas. Además, por ser una colonia donde sus habitantes se han involucrado en actividades en beneficio de la sostenibilidad ambiental. Así, al proporcionarles información como la generada en este trabajo, los habitantes puedan identificar y entender la estructura, la función y el valor del bosque urbano y así tomar decisiones de conservación y manejo tanto en el presente, como en el futuro organizar prácticas de arborización.

OBJETIVOS

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar las características y condiciones del bosque urbano; identificando especies y ejemplares relevantes para determinar su papel en la contaminación eliminada y emitida, proporcionando a la autoridad la información para proponer estrategias en materia de conservación y manejo en el presente, así como estableciendo proyectos de arborización en el futuro, enfocados a mejorar la calidad del aire local y por lo tanto el bienestar de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología aplicada para esta investigación consta de tres etapas: 1) inventario, 2) valoración cuantitativa y 3) análisis de resultados. Las fases de cada etapa se especifican en la figura 1.

La primera etapa, inventario, se divide en planificación de proyecto y recopilación de datos. Para la planificación del proyecto es necesario delimitar el área de estudio y el tipo de inventario a realizar. Al optar por realizar un inventario completo, el universo de esta investigación fue la colonia Las Palmas, con una superficie aproximada de 16.14 hectáreas. Esta colonia se localiza al noreste de la ciudad de Colima, en el estado de Colima, México (Fig. 2).

Para la siguiente fase se recopilaron los datos descritos en la tabla 1, que especifica las variables, unidades y herramientas o material necesario para su obtención.

Se tomaron datos de ejemplares presentes en los espacios públicos abiertos de la colonia (parques, jardines, tramos de camellones, áreas ajardinadas de aceras, áreas deportivas, huertos comunitarios y áreas residuales). Como criterio para formar parte de la población, el ejemplar debía contar con al menos 2.54 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), que es el mínimo aceptado por el software (Nowak, 2020).

Durante la recopilación de datos, los árboles se deben clasificar taxonómicamente. En Colima se han identificado por lo menos 12 especies del género *Ficus*, dos de ellas endémicas (Ibarra-Manríquez et al., 2012). La determinación de estas especies es complicada debido al desconocimiento del ámbito de variación de los caracteres diagnósticos y su relación a lo largo de toda su área de distribución con factores ambientales, geográficos y genéticos (Berg y Simonis, 1981; Ibarra-Manríquez y Went, 1992; Piedra-Malagón et al., 2011), estas condiciones implican en muchos casos que la identificación precisa de la especie propuesta requiera de estudios detallados (Berg y Simonis, 1981; Berg, 2001; Berg, 2007). Sin embargo, para fines de este estudio fue suficiente la clasificación de todos los ejemplares nativos de este género como *Ficus* spp.

Con la intención de documentar la apariencia general de los árboles estudiados, se integró una memoria fotográfica, con un mínimo de dos fotografías por árbol, una para el ID y otra donde apareciera el ejemplar completo (disponible mediante la comunicación con los autores de este trabajo).

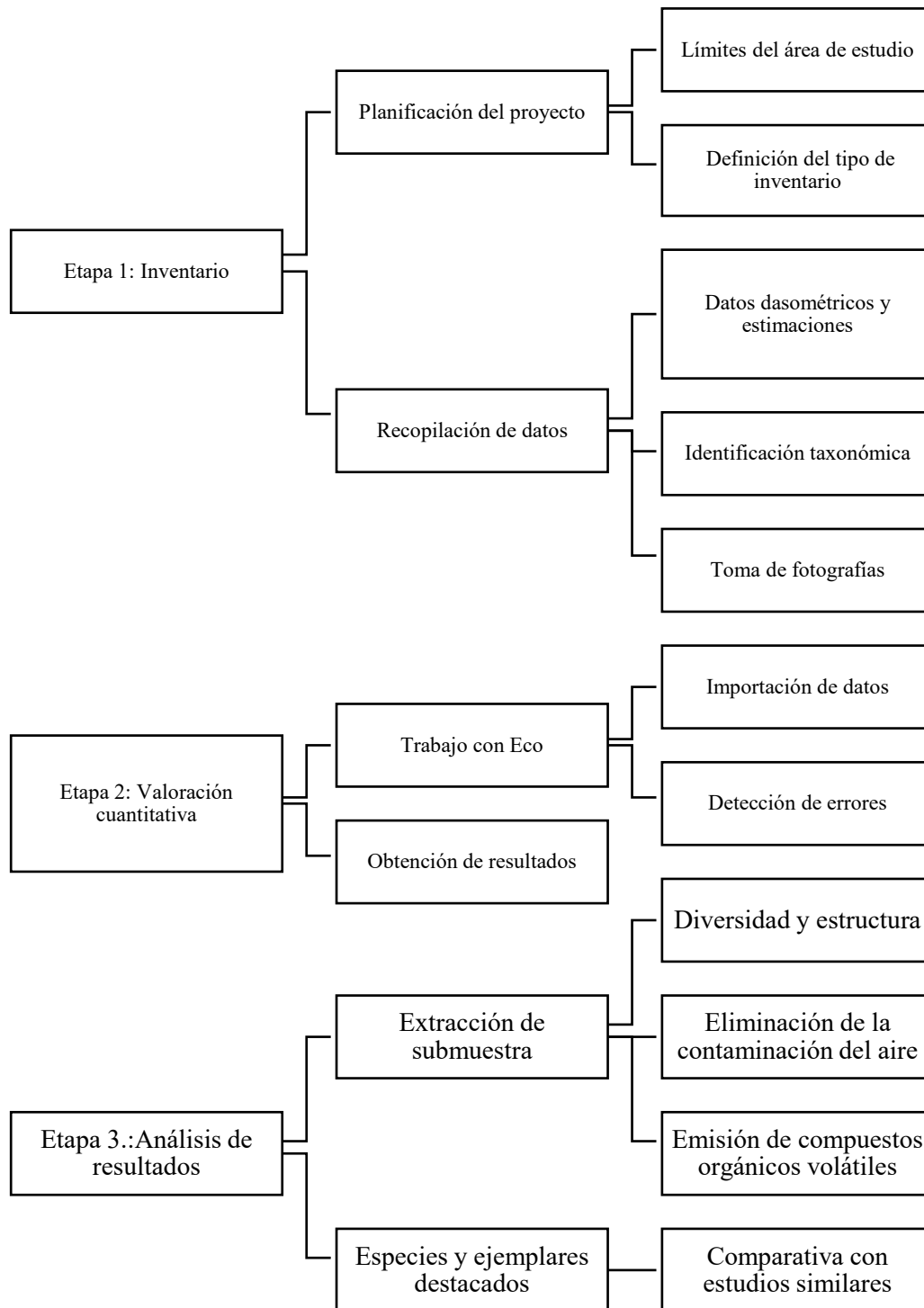


FIGURA 1. Metodología, etapas y fases para la investigación.

Fuente: Elaboración propia, con base en el manual de usuario del software (i-Tree, 2021b).



FIGURA 2. Localización del área de estudio. Ciudad de Colima (izquierda), colonia Las Palmas (derecha).

Fuente: Elaboración propia. Mapa base vista satelital de Google Earth Pro, fecha de imagen 3/25/2018.

La etapa 2 inició con el trabajo con Eco. Los datos recopilados fueron importados al software i-Tree Eco v6.0.23 desarrollado por el Servicio Forestal de EEUU, Estación de Investigación del Norte (i-Tree, 2021b). Para finalizar esta fase fue necesaria una revisión para la detección de posibles errores tipográficos en los datos con los que se alimentó el programa. Cuando la información estuvo lista se envió a procesar. Al terminar el procesamiento se generó un reporte digital que muestra los valores de cada especie para eliminación de la contaminación del aire y emisión de compuesto orgánicos volátiles.

Para iniciar con la etapa de análisis de los resultados se estableció una submuestra de especies a partir de dos condicionantes: aquellas especies que contaron con 25 individuos o más y, en el caso de especies con menos de 25 ejemplares, aquellos que, de acuerdo con las estimaciones

de i-Tree Eco v.6.0., mostraron la mayor absorción de contaminantes o la mayor emisión de compuestos orgánicos volátiles. Se obtuvo un resumen de la diversidad y estructura de dicha submuestra y se analizó el papel que desempeñaba cada especie en la mejora de la calidad del aire local para finalmente identificar especies y ejemplares relevantes en este ámbito y comparar los resultados obtenidos en esta investigación con otros estudios realizados en México.

RESULTADOS

Se inventariaron 1087 ejemplares de árboles y otras plantas leñosas. La submuestra establecida se conformó por 804 ejemplares que representaron 10 familias, 17 géneros y 20 especies (Tabla 2). Las tres especies más comunes fueron olivo negro (*Bucida buceras*) 16.54%, mango (*Mangifera indica*) 9.33% y naranjo agrio (*Citrus aurantium*) 8.21%.



TABLA 1. Variables, descripción, unidades y herramientas o material para la toma de datos.

Variable	Descripción	Unidad	Herramienta o material necesario
ID	Clave de identificación del árbol; único e irreplicable para inventarios completos sin estratificar.	Libre	Se marca con tiza o pintura en un lugar visible y procurando la misma orientación.
Especie	Nombre de especie y género es indispensable para procesar la información	-	Plataformas Naturalista y EncicloVIDA
Coordenadas	Longitud y latitud del árbol	Sistema UTM	Estación total o GPS
Altura total del árbol	Distancia del suelo a la parte superior del árbol ya sea vivo o muerto.	Metros	Clinómetro porcentual, escalas topográficas o distanciómetro
Altura copa viva	Distancia del suelo a la parte superior viva del árbol		
Altura de la base a la copa	Distancia entre el suelo y la parte más baja de la copa viva		
Ancho de la copa	Diámetro de la copa en dos direcciones: norte-sur y este-oeste		Cinta métrica fibra de vidrio (50 m)
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	Diámetro normal del fuste estimado a 1.30 m sobre el suelo (4.5 pies)	Centímetros	Cinta diamétrica
Exposición de luz en la copa	Número de lados del árbol que reciben luz (máximo 5)	-	Estimación visual
Copa faltante	Follaje ausente debido a la poda, muerte regresiva, defoliación, copa desbalanceada, u hojas enanas o escasas; tomando en cuenta la forma natural de la copa para la especie en particular	%	Estimación visual
Muerte regresiva	Ramas muertas laterales y en el ápice de la copa debido a sombra de un edificio u otro árbol, sin incluir la muerte de ramas naturales o autopoda debido a competencia de corona o el sombreado en la parte inferior de la corona.		

UTM: Universal Transverse Mercator

Fuente: Elaboración propia con base en el manual de usuario del software (i-Tree, 2021b).

La densidad arbórea fue 48.84 árboles por hectárea, la cobertura arbórea fue 21.87% y la de hojas 10.44 ha.

Los diámetros medidos se encontraron en un intervalo de 15.2 cm a 30.5 cm (Fig. 3). Especies como higueras (*Ficus* spp.), ficus (*F. benjamina*), tabachín (*Delonix regia*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y guamúchil (*Pithecellobium dulce*) dominaron las clases diamétricas

superiores. De los individuos de la población, 79% tuvo una altura menor a 10 m (Fig. 4).

La figura 5 indica el porcentaje del arbolado total para cada clase de condición determinada por el software i-Tree Eco en relación con la estimación de muerte regresiva presente en los individuos inventariados. Las condiciones predominantes fueron “Buena” con 54.26% y “Aceptable” con 36.22%, lo cual indica que el arbolado está saludable.

TABLA 2. Familias, géneros, especies, nombre común y número de árboles de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

Familia	Género	Nombre científico	Nombre común	Número de árboles
Anacardiaceae	Mangifera	<i>Mangifera indica</i>	Mango	75
Arecaceae	Cocos	<i>Cocos nucifera</i>	Palma cocotera	63
	Dypsis	<i>Dypsis lutescens</i>	Palma areca	37
	Phoenix	<i>Phoenix roebelenii</i>	Palma rubelina	53
	Washingtonia	<i>Washingtonia robusta</i>	Palma blanca	14
Bignoniaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	Primavera amarilla	37
		<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada	36
Boraginaceae	Ehretia	<i>Ehretia tinifolia</i>	Mandimbo	65
Combretaceae	Terminalia	<i>Bucida buceras</i>	Olivo negro	133
		<i>Terminalia catappa</i>	Almendro tropical	28
Fabaceae	Enterolobium	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota	26
	Delonix	<i>Delonix regia</i>	Tabachín	12
	Pithecellobium	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	13
Meliaceae	Azadirachta	<i>Azadirachta indica</i>	Neem	32
	Swietenia	<i>Swietenia humilis</i>	Cóbano	25
Moraceae	Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	Ficus	57
		<i>Ficus spp.</i>	Higueras	10
Myrtaceae	Psidium	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	18
	Syzygium	<i>Syzygium cumini</i>	Jambolán	4
Rutaceae	Citrus	<i>Citrus aurantium</i>	Naranja agrio	66
10 familias	17 géneros	20 especies	TOTAL	804

Eliminación de la contaminación del aire

Se estimó que los árboles eliminaron 220.49 kg/año de la contaminación del aire (Tabla 3), el valor para cada contaminante se muestra en la figura 6. La eliminación fue mayor para ozono con 60.13%, seguido de dióxido de

nitrógeno 20.15%, monóxido de carbono 10.60%, dióxido de azufre 4.75% y PM_{2.5} 4.38%.

Parota (*Enterolobium cyclocarpum*), higueras (*Ficus spp.*) y ficus (*Ficus benjamina*) fueron las principales especies eliminadoras de contaminación con 47.85% (Tabla 3).

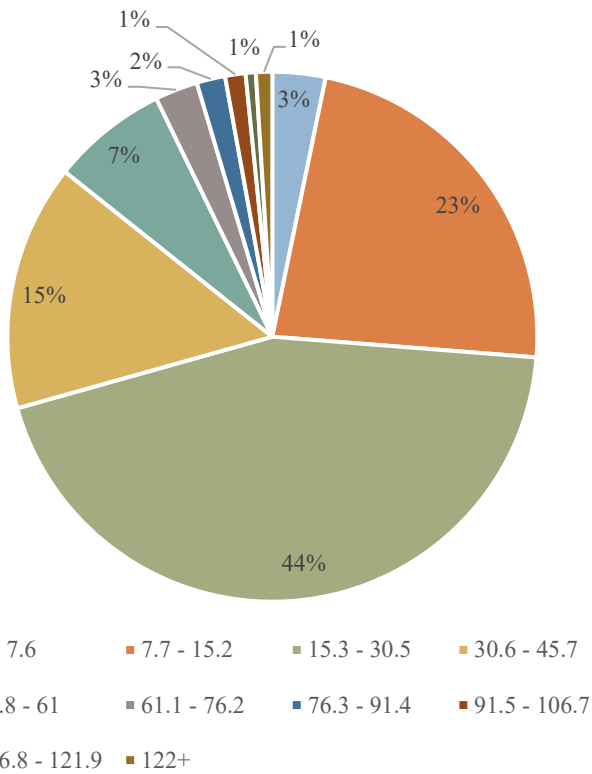


FIGURA 3. Porcentaje de la población de árboles por DAP (cm) de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

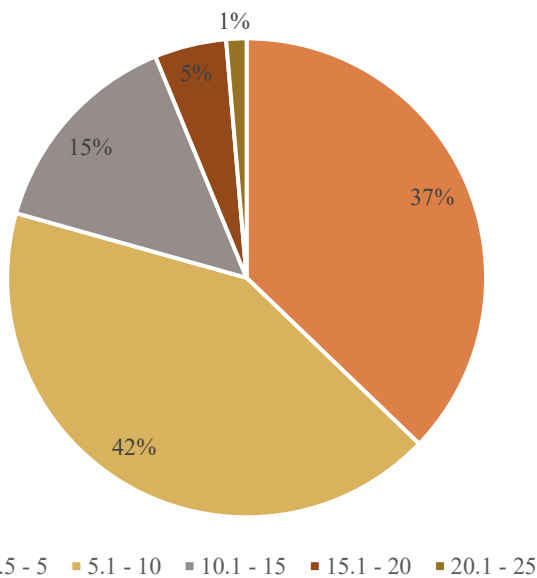


FIGURA 4. Porcentaje de la población de árboles por altura (m) de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

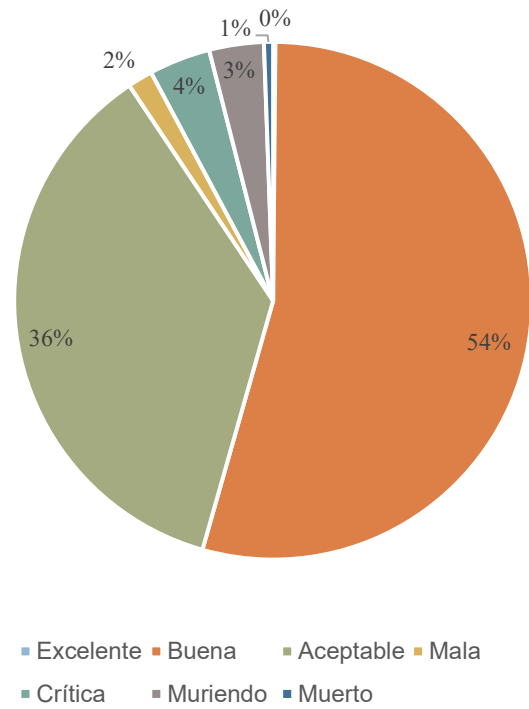


FIGURA 5. Condición del arbolado de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

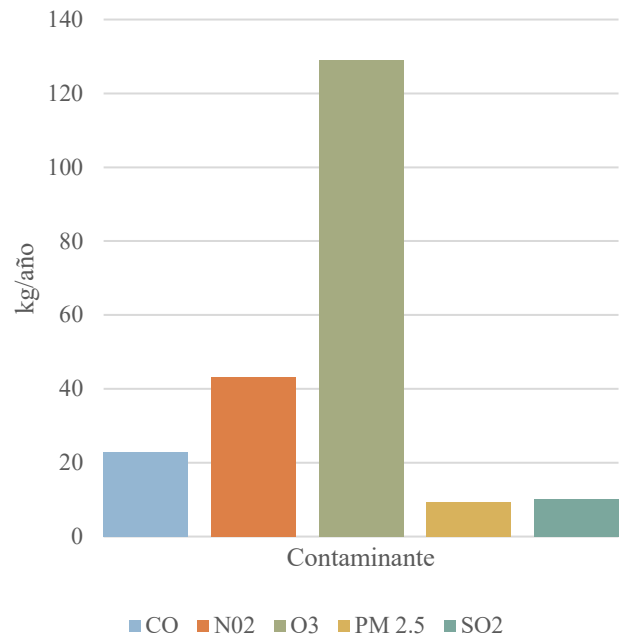


FIGURA 6. Eliminación de contaminantes del aire por árboles y plantas leñosas de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

TABLA 3. Eliminación de contaminación del aire y emisión de COV totales por especie de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

<i>Especie</i>	<i>Eliminación de contaminación del aire (kg/año)</i>	<i>Emisión de COV (kg/año)</i>
Neem (<i>Azadirachta indica</i>)	7.38	0.20
Olivo negro (<i>Bucida buceras</i>)	5.82	3.70
Naranja agrio (<i>Citrus aurantium</i>)	2.42	0.80
Palma cocotero (<i>Cocos nucifera</i>)	4.18	11.00
Tabachín (<i>Delonix regia</i>)	7.92	0.40
Palma areca (<i>Dyopsis lutescens</i>)	0.61	1.60
Mandimbo (<i>Ehretia tinifolia</i>)	7.39	0.00
Parota (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)	63.33	5.60
Ficus (<i>Ficus benjamina</i>)	19.96	13.40
Higueras (<i>Ficus spp.</i>)	19.26	13.00
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	34.02	23.70
Palma rubelina (<i>Phoenix roebelenii</i>)	0.54	0.60
Guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>)	6.37	4.90
Guayabo (<i>Psidium guajava</i>)	1.28	4.20
Cóbano (<i>Swietenia humilis</i>)	7.52	0.20
Jambolán (<i>Syzygium cumini</i>)	2.35	3.10
Primavera (<i>Tabebuia donnell-smithii</i>)	12.02	4.20
Rosa morada (<i>Tabebuia rosea</i>)	14.00	0.00
Almendro (<i>Terminalia catappa</i>)	1.58	1.00
Palma blanca (<i>Washingtonia robusta</i>)	2.54	4.20
Total	220.49	109.20

Las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 muestran el comportamiento de las especies por cada contaminante. Entre las especies con bajos valores se encuentran olivo negro (*Bucida buceras*), naranja agrio (*Citrus aurantium*), palma cocotera (*Cocos nucifera*), palma rubelina (*Phoenix roebelenii*), palma areca (*Dyopsis lutescens*) y almendro (*Terminalia catappa*).

Emisión COV

Se estimaron 109.20 kg de bioemisiones totales de COV al año por el conjunto del arbolado y otras plantas leñosas en Las Palmas (Tabla 3); 59.16% correspondieron a isoprenos y el resto a monoterpenos.

De las emisiones de COV del bosque urbano, 37% fueron atribuidas a mango (*Mangifera indica*) y ficus (*Ficus benjamina*). Las especies con bajas emisiones fueron: olivo negro (*Bucida buceras*), naranja agrio (*Citrus aurantium*), palma rubelina (*Phoenix roebelenii*), palma areca (*Dyopsis lutescens*), almendro (*Terminalia catappa*), cóbano (*Swietenia humilis*) y tabachín (*Delonix regia*) (Tabla 3).

Higueras (*Ficus spp.*), mango (*M. indica*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y ficus (*Ficus spp.*) fueron responsables de 84.08% de emisiones de monoterpeno (Fig. 12).

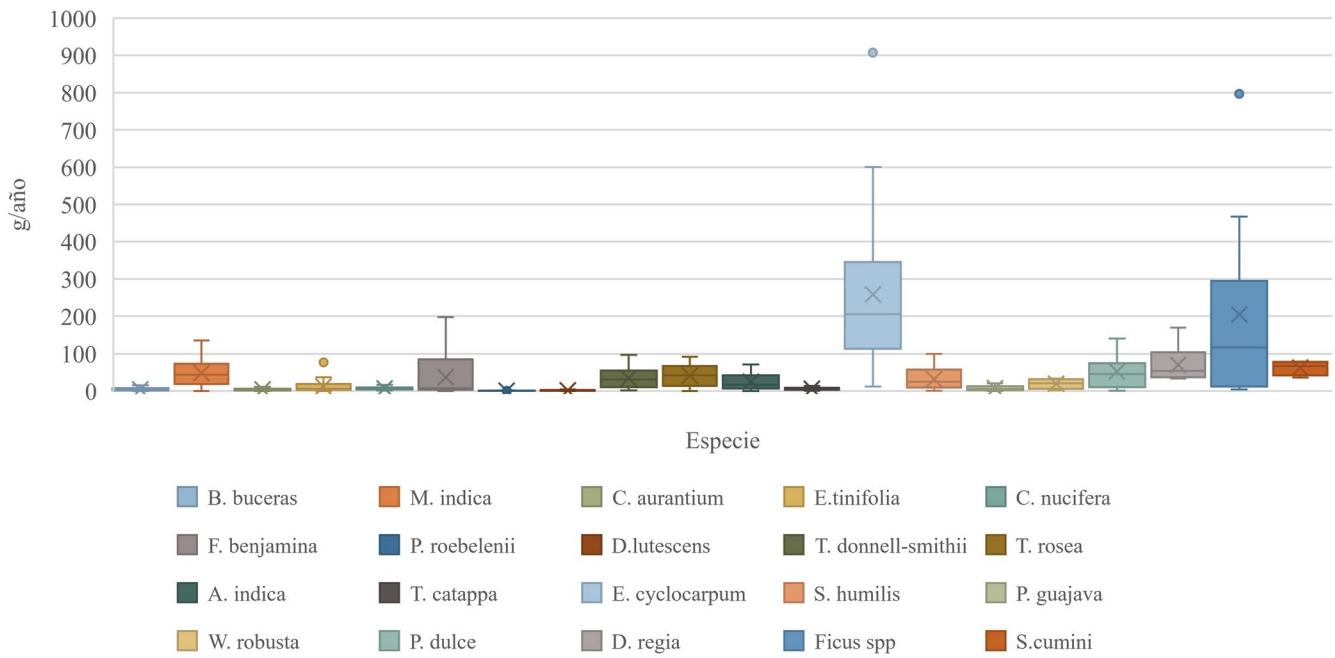


FIGURA 7. Eliminación de CO por especie de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

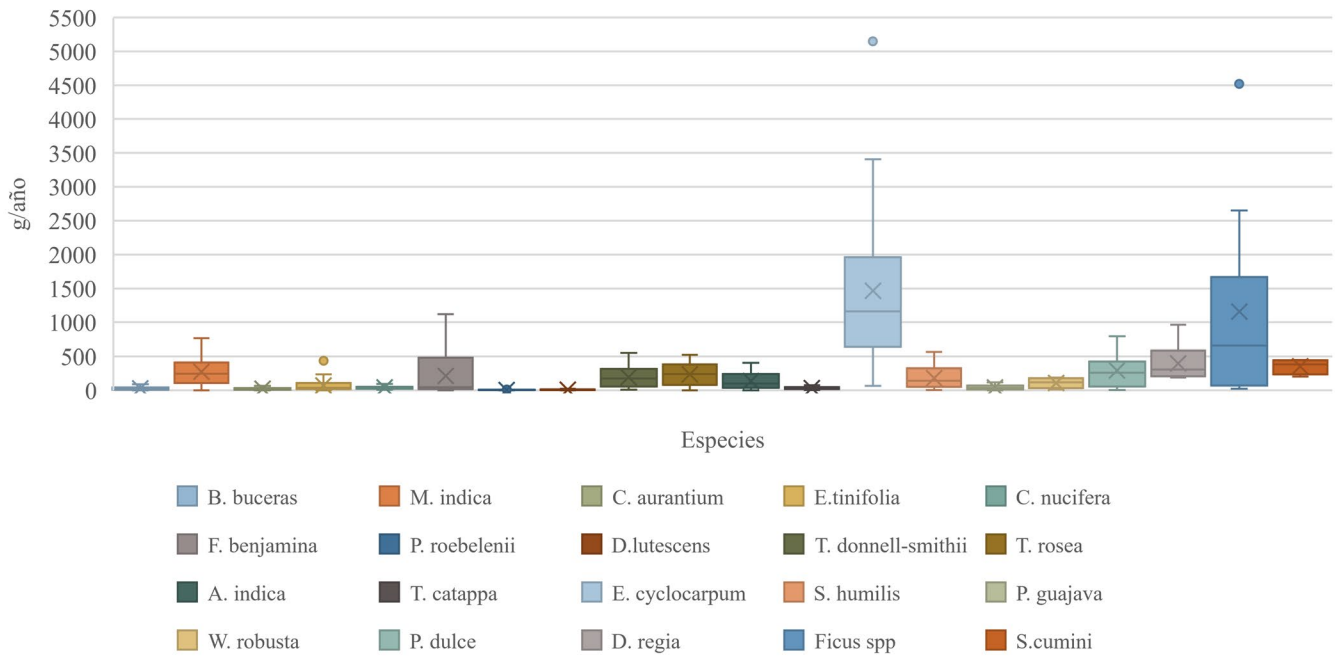


FIGURA 8. Eliminación de O₃ por especie de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

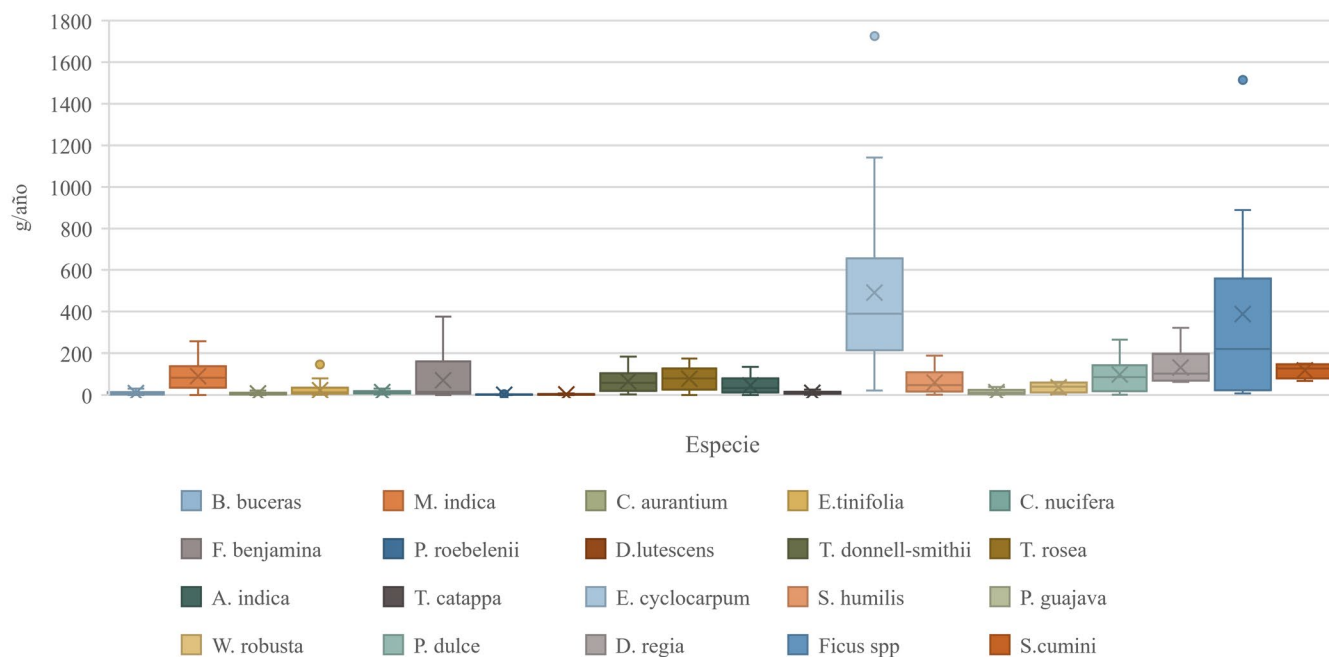


FIGURA 9. Eliminación de NO₂ por especie de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

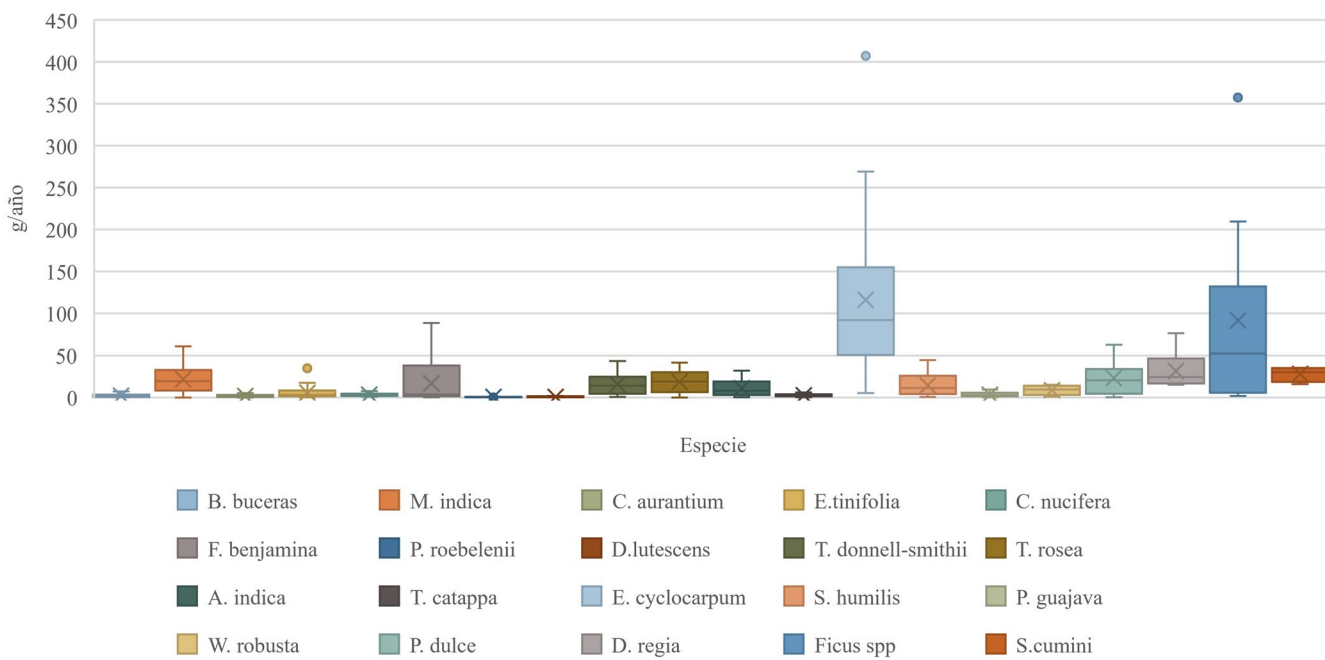


FIGURA 10. Eliminación de SO₂ por especie de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

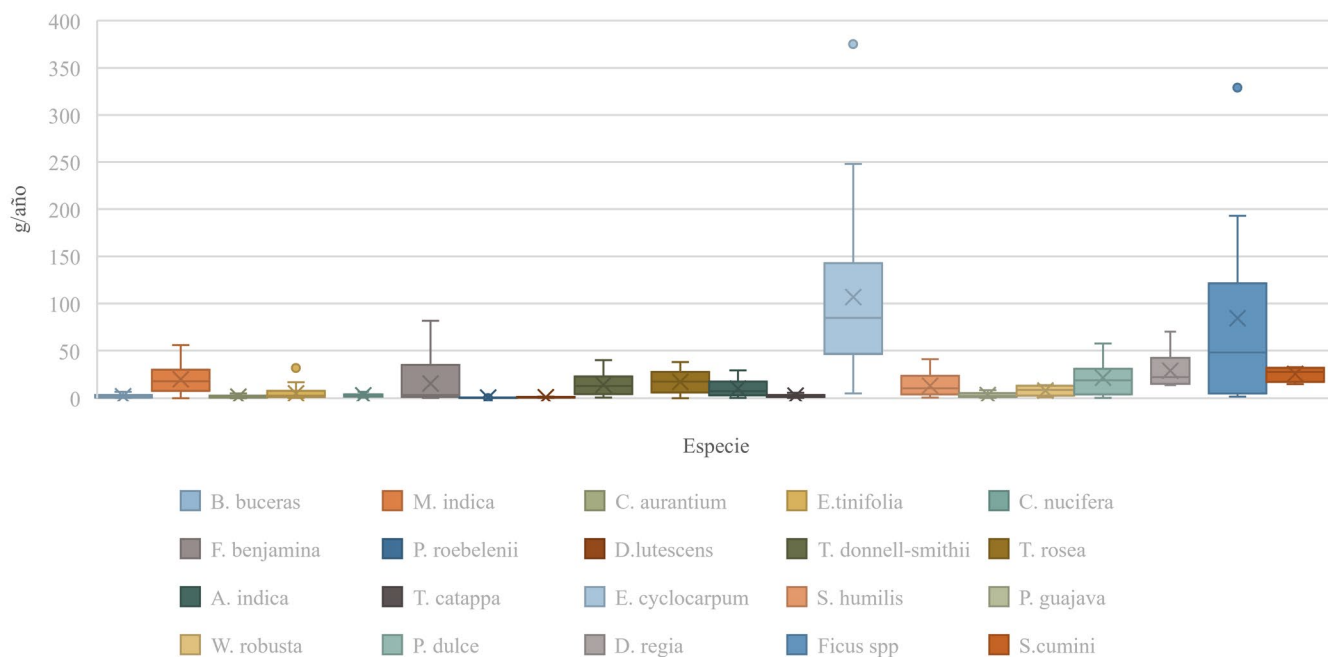


FIGURA 11. Eliminación de PM_{2.5} por especies de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

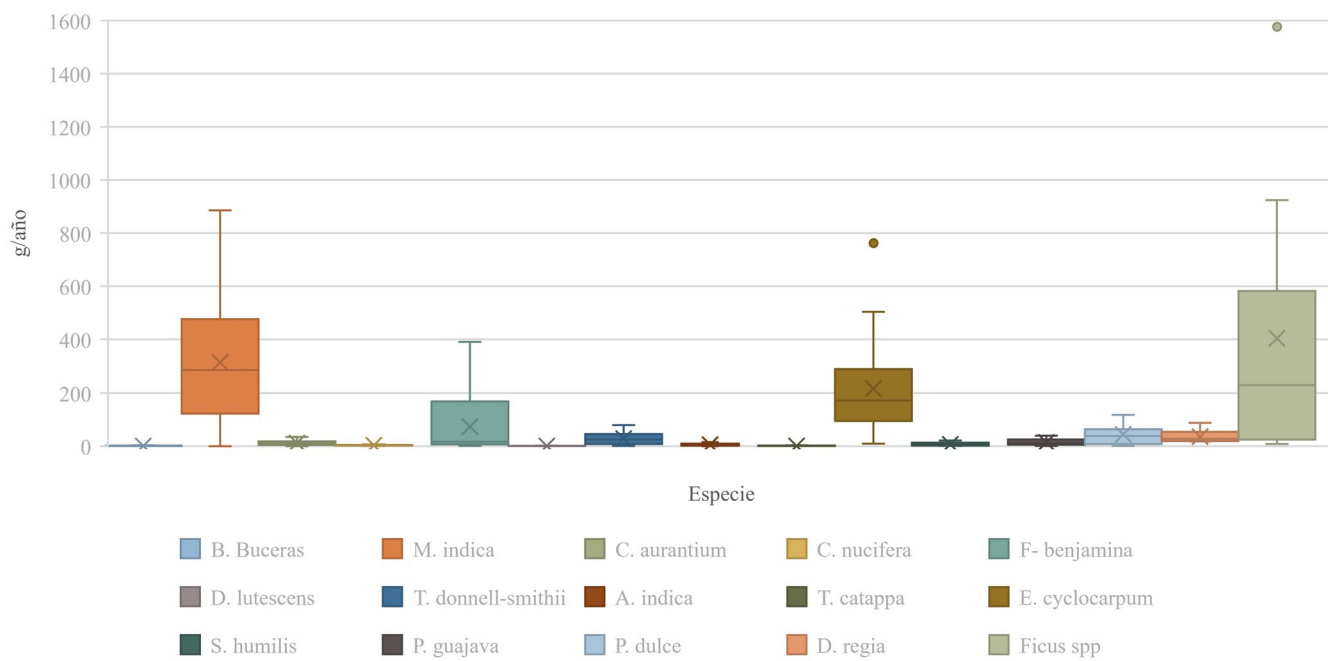


FIGURA 12. Emisión de monoterpeno por especie de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

En cuanto a isopreno; 68.73% fue emitido por higueras (*Ficus* spp.), jambolán (*Syzygium cumini*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), ficus (*F. benjamina*), palma blanca (*Washingtonia robusta*), guayabo (*Psidium guajava*) y palma cocotera (*Cocos nucifera*) (Fig. 13).

Algunas especies solo emitieron un tipo de compuesto, por ejemplo; jambolán (*S. cumini*) y palma blanca (*W. robusta*) no mostraron emitir monoterpeno, mientras que mango (*M. indica*), parota (*E. cyclocarpum*), tabachín (*D. regia*) y naranjo agrio (*C. aurantium*) no emitieron isopreno. Se encontró que rosa morada (*Tabebuia rosea*) y mandimbo (*Ehretia tinifolia*) no emiten COV (Tabla 3).

DISCUSIÓN

En los servicios de soporte, dependiendo de cómo los servicios interactúen entre ellos, se pueden crear sinergias o compensaciones —a lo que se le denomina diservicios ecosistémicos—, es decir contrastes entre los servicios. El bosque urbano elimina contaminación del aire y genera bioemisiones de compuestos orgánicos volátiles. De los 1087 ejemplares de árboles y otras plantas leñosas, con 20 especies identificadas en la colonia Las Palmas, fueron cuatro las especies que se destacaron en los resultados obtenidos para el servicio de eliminación de la contaminación del aire y el diservicio de emisión de COV: parota (*Enterolobium cyclocarpum*), higueras (*Ficus* spp.), ficus (*Ficus benjamina*) y mango (*Mangifera indica*) (Tabla 3). Para el servicio de eliminación de la contaminación, parota (*E. cyclocarpum*) ocupó la primera posición, seguido por mango (*M. indica*) y ficus (*F. benjamina*). Por otra parte, el diservicio de emisión de COV fue liderado por mango (*M. indica*), ficus (*F. benjamina*) e higueras (*Ficus* spp.).

Los árboles de gran tamaño proveen mayores servicios ecosistémicos en comparación con otros de menores dimensiones (Baró et al., 2014). Entre los árboles estudiados se destacaron tres ejemplares que, en las figuras 7 a 13 aparecen como datos atípicos: una parota (*E. cyclocarpum*) con 1179.30 m² de cubierta del dosel, una higuera (*Ficus* spp.) cuyo DAP de 334.2 cm supera el valor máximo admitido por el software y un mandimbo (*Ehretia*

tinifolia) con un DAP de 74.80 cm. Todos poseen dimensiones notables en comparación con especímenes de su misma especie; en promedio 3.18 veces superiores en DAP, 1.37 veces en altura, 2.03 veces en anchos de copa y 3.26 veces en cubierta del dosel. En el caso de la parota y la higuera podrían considerarse árboles centenarios.

En Colima, la parota (*E. cyclocarpum*) es la única especie arbórea que, debido a su importancia regional, cultural y ambiental cuenta con un decreto de protección por la legislación. Su derribo requiere autorización; en caso de proceder la sustitución, por cada ejemplar derribado, se deben plantar 20 de por lo menos 1.50 m de altura que podrán ser colocados en la superficie destinada a áreas verdes o ajardinadas abiertas (Poder Ejecutivo del Gobierno del Estado, 11 de agosto de 2021).

Los cambios de uso de suelo son la principal causa de remoción de esta especie. Por cada uno de estos, en promedio, han sido removidos de uno a tres ejemplares adultos de entre 10 y 15 metros de altura (Poder Ejecutivo del Gobierno del Estado, 11 de agosto de 2021). Un ejemplar sano de estas dimensiones podría eliminar 1.44 kg de contaminantes al año; 380% más que un árbol joven de 4 m a 5 m de altura.

El género *Ficus* es característico de las zonas tropicales del mundo (Piedra-Malagón et al., 2011). Su presencia en el estado de Colima suele asociarse con la existencia de cuerpos de agua; las higueras son comunes en la vegetación de galería del bosque de latifoliadas subcaducifolio (selva mediana) (Instituto Nacional de Ecología, 2000). Por este motivo es frecuente encontrarlas a lo largo de ríos y arroyos que cruzan la ciudad, como es el caso del arroyo Santa Gertrudis. Otras veces también se encuentran como elementos aislados que fueron absorbidos por la urbanización y crecimiento de la ciudad.

Ningún ejemplar del género está incluido dentro de la lista de especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, a pesar de ello, el Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado [Imades] se encarga de vigilar que no se realicen podas sin autorización y talas ilegales dentro de fraccionamientos existentes y nuevos (Instituto Colimense de Radio y Televisión, 2020). Su



conservación también puede deberse a que los árboles quedan inmersos en la zona federal correspondiente de cada cuerpo de agua (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 6 de enero de 2020), en donde, de acuerdo con el “Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar” (Poder Ejecutivo Federal, 1991); la construcción e instalación de elementos y obras que impidan el libre tránsito está prohibida; propiciando que estos árboles no sean retirados durante el proceso de urbanización.

En relación con aspectos relevantes en la selección de especies, se deben considerar los servicios que prestan al ambiente, como es el caso de su capacidad para mejorar la calidad del aire local y, por consiguiente, los beneficios para el ser humano. Los resultados obtenidos en esta investigación apoyan la inclusión de los siguientes ejemplares nativos e introducidos en la lista del proyecto "Árboles mexicanos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación" (Vázquez-Yanes et al., 2021). Se encontró que rosa morada (*Tabebuia rosea*)

posee altos valores de eliminación sin generar emisiones, en este orden; cóbano (*Svietenia humilis*) tiene niveles altos de eliminación y bajos de emisión; parota (*E. cyclocarpum*), primavera (*T. donnell-smithii*) y guamúchil (*Pithecellobium dulce*) obtuvieron niveles de emisión que se compensan con niveles 1080%, 286% y 130% mayores de eliminación respectivamente; guayabo (*Psidium guajava*) es alto en emisiones y bajo en eliminación pero su fruto es comestible, por último; almendro (*Terminalia catappa*) es bajo en eliminación pero también en emisiones.

Por otra parte, los criterios de descarte o reducción en la elección de algunas especies introducidas para futuras arborizaciones tienen relación con las altas emisiones de COV obtenidas.

Aunque se obtuvieron resultados altos en eliminación y bajos en emisión para neem (*Azadirachta indica*), esta es una de las ocho especies forestales con potencial invasor en México (Rodríguez-Estrella et al., 2019), por lo que se sugieren otras opciones nativas con niveles bajos de emisión que podrían tener el mismo uso como olivo negro (*Bucida buceras*) y mandimbo (*Ehretia tinifolia*).

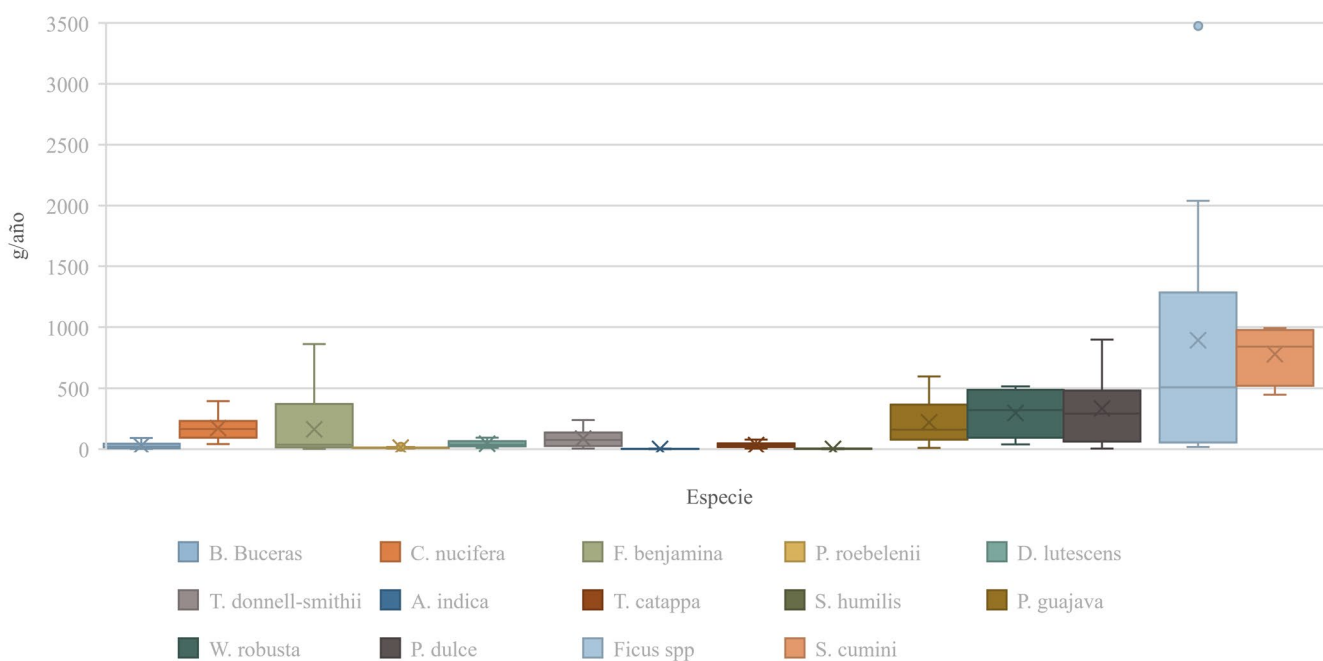


FIGURA 13. Emisión isopreno por especie de la submuestra en la colonia Las Palmas, Colima, México.

Ficus (*Ficus benjamina*), con 57 ejemplares, tiene un buen desempeño en eliminación de la contaminación, pero su equivalente nativo: las higueras (*Ficus* spp.), con 10 árboles, eliminan 0.70 g menos de contaminación y 0.40 g en emisión de COV. En ambos casos su plantación debe ser en espacios abiertos, amplios y despejados, por lo que se sugiere evitar el uso en el futuro de *F. benjamina* y más bien dirigir los esfuerzos en la conservación y mantenimiento de los ejemplares de *Ficus* spp., especialmente los que se encuentran en los márgenes del arroyo Santa Gertrudis. Los resultados para *Ficus* spp. podrían variar si se logra la identificación taxonómica exacta de estos elementos nativos.

Mango (*M. indica*) representa 9.33% de la población en la submuestra; aun así, es el principal emisor de COV con 21.70%. Posee un valor agregado al proveer alimento a seres humanos y animales; cuya venta de su fruto puede generar un ingreso a las personas que participen en su recolección.

Jambolán (*S. cumini*) con 4 ejemplares representó 2.84% de las emisiones, por lo tanto, su empleo debería ser restringido o evitado.

Por último, las palmeras al ser plantas arbustivas tienen bajos niveles de eliminación de la contaminación y de emisión de COV, como es el caso de la palma cocotera (*Cocos nucifera*) y la palma blanca (*Washingtonia robusta*), por lo que su uso como elemento ornamental se tendría que valorar en relación con los requerimientos del diseño en el espacio y las necesidades de la comunidad.

Cuando se toma en cuenta la cantidad de toneladas por unidad de superficie, la relación de los valores obtenidos para la eliminación de la contaminación del aire y emisión de COV es de 0.01 t/ha. Estos resultados son similares a los registrados en Puebla, por el Instituto Municipal de Planeación Puebla, también con 0.01 t/ha para ambos casos (Implan, 2018). El sitio estudiado en Mérida (de la Concha-Drupat et al., 2017) tiene un potencial de eliminación de contaminación equiparable, pero en relación con la emisión de COV, Mérida presenta el doble que en la colonia Las Palmas (de la Concha-Drupat et al., 2017). En el estudio de Texcoco, la

eliminación es superior (0.03 t/ha) y no cuenta con datos sobre emisión de COV (Martínez-Trinidad et al., 2021).

Se encontraron similitudes con el trabajo realizado por el Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO, 2021). La emisión colectiva de COV, es similar (0.007 t/ha para el presente estudio contra 0.008 t/ha). Respecto a la eliminación de contaminantes, existe una coincidencia en 9 de 10 de las especies con mayor potencial. Así mismo la especie que más contaminantes elimina es la Parota (*Enterolobium cyclocarpum*). En cuanto a las diferencias, comparando las especies comunes en ambos trabajos, en el presente artículo se encontró que el volumen de contaminantes por unidad de superficie que puede eliminarse es inferior (0.0137 t/ha contra 0.0371 t/ha). Esto podría deberse a que los ejemplares se emplazan en áreas propensas a la poda por presencia de cableado eléctrico; reduciendo así la cantidad de hojas y por lo tanto su potencial para este servicio.

La palma cocotera (*Cocos nucifera*) y varias especies del género *Ficus* se encuentran entre las principales emisoras de COV en los estudios de Playa del Carmen, Mérida y Colima (de la Concha-Drupat y Reynoso, 2017; de la Concha-Drupat et al., 2017; IPCO, 2021).

CONCLUSIONES

Siguiendo las estrategias de manejo del bosque urbano para ayudar a mejorar la calidad del aire local propuestas por Nowak (2000), se pueden emitir recomendaciones que aplican en este estudio de caso,

iniciando con la maximización del uso de árboles de nula o baja emisión de COV con el propósito de reducir la formación de ozono y monóxido de carbono. En cuanto a la nula emisión de COV, rosa morada (*T. rosea*) y mandimbo (*E. tinifolia*) son excelentes opciones. La primera es una especie ampliamente utilizada como elemento ornamental en el área metropolitana Colima – Villa de Álvarez por su atractivo estético. El segundo es un árbol perenne usado principalmente para generar sombra, ayudando a disminuir el efecto de las islas de calor dentro de la ciudad; tiene potencial apícola, ya que el néctar producido en sus flores se considera de buena calidad, además su fruto es



consumido por fauna silvestre. Para el caso de árboles de baja emisión de COV, se recomienda la plantación de cóbano (*Snietenia humilis*), parota (*E. cyclocarpum*), primavera (*T. donnell-smithii*), almendro (*Terminalia catappa*) como elementos ornamentales y de sombra; así como guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y guayabo (*Psidium guajava*) como árboles frutales.

En contraparte, la arborización con especies introducidas con altas emisiones de COV como neem (*Azadirachta indica*), ficus (*Ficus benjamina*) y jambolán (*Syzygium cumini*) tendría que evitarse o restringirse; optando por alguna especie nativa que de beneficios similares.

La segunda estrategia implica el mantenimiento de la cobertura de actual de árboles, sobre todo los de mayor edad, para conservar los niveles de eliminación de la contaminación, es decir, mantener elementos grandes que poseen mayores beneficios, criterio que cumplen ejemplares de parota (*E. cyclocarpum*), higuera (*Ficus* spp.), ficus (*F. benjamina*), guamúchil (*P. dulce*) y tabachín (*D. regia*).

Al aumentar el número de árboles saludables, independientemente de la especie, se aumenta la cantidad de contaminación eliminada. La capacidad de cada árbol para proporcionar este servicio se ve afectada por la cobertura de hojas, por lo que las podas deben realizarse solo cuando sean absolutamente necesarias. Para todas las especies de deben considerar las dimensiones y requerimientos de espacio para su crecimiento, además de posibles plagas y enfermedades.

Aunque la cantidad de contaminantes eliminados por el bosque urbano es poca en proporción con lo emitido a escala municipal, el aporte es significativo a escala local. Los árboles son elementos vivos de la ciudad que proveen un servicio que, obtenido de forma artificial, resultaría muy costoso. Su conservación, mantenimiento y cuidado fitosanitario es indispensable para mantener o maximizar los beneficios que brindan en relación con la eliminación de la contaminación del aire.

REFERENCIAS

- Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D. J., & Terradas, J. (2014). Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*, 43(3), 466-479. <http://doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x>
- Benavides-Meza, H. M. (1989). Bosque Urbano: La importancia de su investigación y correcto manejo. *Congreso Forestal Mexicano 1989* (pp. 966-992).
- Berg, C. C. (2001). *Moreae, Artocarpeae, and Dorstenia (Moraceae): With introductions to the family and Ficus and with additions and corrections to Flora Neotropica Monograph 7*. The New York Botanical Garden Pr Dept.
- Berg, C. C. (2007). Proposal for treating four species complexes in *Ficus* subgenus *Urostigma* section *Americanae* (Moraceae). *Blumea*, 52, 569-594. <http://doi.org/10.3767/000651907X609034>
- Berg, C. C., & Simonis, J. (1981). The *Ficus* flora of Venezuela. Five species complexes discussed and two new species described. *Ernestia*, 6, 6-12.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (6 de enero de 2020). Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5651685&fecha=11/05/2022#gsc.tab=0
- de la Concha-Druprat, H., & Reynoso, R. (2017). *Resultados del inventario urbano de Playa del Carmen, Q. Roo*. Agrinet. <http://www.agrinet.mx/images/agrinet/archivos/InventarioPlayaDelCarmen.pdf>
- de la Concha-Duprat, H., Roche-Cano, L., y García-Burgos, A. (2017). *Inventario del arbolado urbano de la Ciudad de Mérida*. Ayuntamiento de Mérida 2018-2021. http://www.merida.gob.mx/sustentable/contenidos/doc/inventario_arbolado_merida.pdf
- de la Concha-Duprat, H. (2020). *Inventario del arbolado urbano León, Gto*. León Ayuntamiento 2016 - 2020. https://www.itreetools.org/documents/669/Inventario_de_Parques_y_Vialidades_de_LeonGto_V04.pdf
- Fraume-Restrepo, N. J. (2007). *Diccionario ambiental*. ECOE EDICIONES.
- Hirabayashi, S. (2011). *Urban forest effects-dry deposition (UFORE-D) Model enhancements*. <https://www.itreetools.org/documents/54/UFORE-D%20enhancements.pdf>

- Hirabayashi, S., Kroll, C. N., & Nowak, D. J. (2015). *i-Tree Eco dry deposition model descriptions*. https://www.itreetools.org/documents/60/iTree_Eco_Dry_Deposition_Model_Descriptions.pdf
- Hirabayashi, S., Kroll, C., & Nowak, D. (2011). Component-based development and sensitivity analyses of an air pollutant dry deposition model. *Environmental Modeling and Software*, 26(6), 804-816. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.11.007>
- Ibarra-Manríquez, G., & Wendt, T. L. (1992). El género *Ficus*, subgénero *Pharmacosycea* (Moraceae) en Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 52, 3-29. <https://doi.org/10.17129/botsoci.1403>
- Ibarra-Manríquez, G., Cornejo-Tenorio, G., González-Castañeda, N., Piedra-Malagón, E., & Luna, A. (2012). El género *Ficus* L. (Moraceae) en México. *Botanical Sciences*, 90(4), 389-452.
- Instituto Colimense de Radio y Televisión (2020). *Ayuntamientos deben proteger el arbolado*. http://www.icrtvcolima.com/index.php/Portal/detalle_noticia/Mzg5ODc=
- Instituto de Planeación para el Municipio de Colima [IPCO] (2021). *Plan de manejo del arbolado urbano de la ciudad de Colima*. IPCO.
- Instituto Municipal de Planeación Puebla [Implan]. (2018). *Inventario del arbolado urbano en vialidades principales del municipio de Puebla*. https://www.itreetools.org/documents/487/190409_Vialidades_Puebla_Rev_4.11_reduced_file_size.pdf
- Instituto Nacional de Ecología (2000). *Programa de manejo de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán* (1a ed.). Instituto Nacional de Ecología.
- i-Tree. (2018). *Documentos*. Adaptación del programa i-tree eco a México. https://www.itreetools.org/documents/212/iTree_Eco_Mexico_Adaptation_Description_15Sep2018.pdf
- i-Tree (2021). *International reports (by nation)*. <https://www.itreetools.org/support/resources-overview/i-tree-international/reports-nation>
- i-Tree (2021b). *Manuales y cuadernos de trabajo de i-Tree*. i-Tree Eco Manual de Campo V6.0. https://www.itreetools.org/documents/195/EcoV6_Manual_de_Campo_Espa%C3%B1ol_Julio_2021.pdf
- Martínez-Trinidad, T., Hernández-López, P., López-Lopez, S. F., & Mohedano-Caballero, L. (2021). Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de Texcoco mediante i-Tree Eco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(67), 202-223. <http://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.880>
- Miller, R. W. (1988). *Urban forestry: planning and managing urban greenspaces*. Prentice Hall.
- Morales, R. G. (2006). *Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. Editorial Universitaria SA.
- Nowak, D. (1995). Trees pollute? A "TREE" explains it all. *Proceedings of the 7th National Urban Forestry Conference* (pp. 28-30). American Forests.
- Nowak, D. (2000). The interactions between urban forests and global climate change. En K. Abdollahi, Z. Ning, & A. Appearing (Eds.), *Global climate change and the urban forest* (pp. 31-44). GCRCC and Franklin Press.
- Nowak, D., & Dwyer, J. (2007). Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. En J. Kuser (Ed.), *Urban and community forestry in the Northeast*, (pp. 25-46). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8_2
- Nowak, D., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Hoehn, R. (2013). Modeled PM2.5 removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*, 178, 395-402. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.050>
- Nowak, D. J. (2020). *Understanding i-Tree: Summary of programs and methods*. United States Department of Agriculture [USDA].
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 26, 16-25.
- Piedra-Malagón, E. M., Sosa, V., & Ibarra-Manríquez, G. (2011). Clinal variation and species boundaries in the *Ficus petiolaris* complex (Moraceae). *Systematic Botany*, 36(1), 80-87. <https://doi.org/10.1600/036364411X553153>
- Poder Ejecutivo del Gobierno de Estado (11 de Agosto de 2011). Decreto de protección de la especie arbórea comunmente conocida en la región como "Parota" y cuyo nombre científico corresponde de acuerdo a la nomenclatura de su clasificación taxonómica de género y especie como *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. *Periódico Oficial "El Estado de Colima"*.
- Poder Ejecutivo Federal (21 de agosto de 1991). Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar. *Diario Oficial de la Federación*. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/pdf/w088962.pdf>
- Rivas-Torres, D. (2001). *Importancia y ambiente de los bosques y árboles urbanos* (1a ed.). Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rodríguez-Estrella, R., Pérez-Navarro, J., Sánchez-Velasco, A., Ferrer-Sánchez, Y., & Pérez, C. (2019). *Análisis de riesgo de ocho especies*



forestales con potencial invasor en México. Informe final. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México (PNUD). (). https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/comp1/Informe_y_analisis_de_riesgo_arboles_1.pdf

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2017). *Programa de gestión para la mejora del aire del estado de Colima 2017-2021*. Semarnat-Gobierno del Estado de Colima-ProAire. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300697/8_ProAire.Colima.pdf

Vázquez-Yanes, C., Batis-Muñoz, A., Alcocer-Silva, M. I., Gual-Díaz, M., & Sánchez-Dirzo, C. (2021). *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Conabio - Instituto de Ecología, UNAM. <https://doi.org/10.15468/08kvbe>

Manuscrito recibido el 13 de enero de 2022

Aceptado el 10 de agosto de 2022

Publicado el 23 de marzo de 2023

Este documento se debe citar como:

Vázquez Arceo, S. E., Ramírez Rivera, M. P., Arceo Díaz, S., Licón Portillo, J. A., & Solís Enriquez, J. J. (2023). Eliminación de la contaminación por el bosque urbano en Las Palmas, Colima, México. *Madera y Bosques*, 29(1), e2912460. <https://doi.org/10.21829/myb.2023.2912460>



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialCompartirIgual 4.0 Internacional.