

---

## Investigación

# Diversidad y captura de CO<sub>2</sub> del arbolado del Parque Ecológico Zazil, Chetumal, Quintana Roo



## Tree Diversity and CO<sub>2</sub> Capture in the Zazil Ecologic Park, Chetumal, Quintana Roo

---

 Luis Enrique Reyes Chan <sup>1</sup>

Instituto Tecnológico de Chetumal, México  
reyeschanluisenrique@gmail.com

 Herlinda del Socorro Silva Poot <sup>2</sup>

Instituto Tecnológico de Chetumal, México  
herlinda.sp@chetumal.tecnm.mx

 Ricardo Enrique Vega Azamar <sup>3</sup>

Instituto Tecnológico de Chetumal, México  
ricardo.va@chetumal.tecnm.mx

### DECUMANUS. REVISTA INTERDISCIPLINARIA SOBRE ESTUDIOS URBANOS.

vol. 13, núm. 13, 2024

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

ISSN: 2448-900X

ISSN-E: 2448-900X

Periodicidad: Semestral

decumanus@uacj.mx

**Resumen:** Diferentes factores, como la rápida urbanización y el uso desmedido de combustibles fósiles para las actividades económicas que se llevan a cabo dentro de las ciudades, han contribuido al aumento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), siendo el CO<sub>2</sub> uno de los principales causantes del incremento de la temperatura en la Tierra y, como consecuencia, cambios en el clima. Hoy en día, estrategias como la captura de CO<sub>2</sub> en el arbolado de los parques públicos urbanos se han puesto en marcha dentro de las ciudades para la disminución y mitigación de los efectos de este gas atmosférico. El objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad arbórea y cantidad de CO<sub>2</sub> que se encuentra capturada actualmente en el Parque Ecológico Zazil de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México. Para esto, se realizó un levantamiento dasonómico en una superficie de 4.5 ha, correspondientes al arbolado dentro del parque, con información de los especímenes con diámetros mayores a 7.5 cm, registrando el diámetro normal (1.30 m de la base del suelo) y la altura total. Se identificaron 71 especies y 32 familias distribuidas en 2366

---

### Notas de autor

- <sup>1</sup> Ingeniero Forestal por el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Alumno de la Maestría en Urbanismo del Instituto Tecnológico de Chetumal, en la línea de investigación de sustentabilidad. Presidente del Grupo de Ecoturismo Sustentable 3g “Donde nace la magia de la selva” y prestador de Servicios Técnicos Forestales con registro expedido por la Secretaría Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- <sup>2</sup> Arquitecta por el Instituto Tecnológico de Chetumal, Maestra en Planeamiento Urbano Regional por la Universidad de Guanajuato México y Doctora en Arquitectura por la Universidad de Colima, México. Perfil PRODEP vigente. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel Candidato. Profesora de Tiempo Completo en el Instituto Tecnológico de Chetumal. Coordinadora del Foro Hacia la Sustentabilidad de las ciudades. En Administración pública municipal fue directora de Desarrollo Urbano de Othón P. Blanco y Subsecretaria de Ordenamiento Territorial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. Sus LGAC es sustentabilidad urbana y estudios de la arquitectura y el urbanismo.
- <sup>3</sup> Ingeniero Civil (UADY, México, 1997), Maestro en Ingeniería (UNAM, México, 2001) y Doctor en Ingeniería (Universidad de Quebec, Canadá, 2013). Profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Chetumal y miembro del SNII (Nivel I). Autor y coautor de artículos científicos, revisor de revistas y proyectos nacionales e internacionales, responsable y colaborador de proyectos de investigación. Sus líneas son la evaluación de la sostenibilidad en entornos construidos, el análisis de ciclo de vida energético y la huella de carbono.

Recepción: 18 Abril 2024  
Corregido: 27 Agosto 2024  
Publicación: 31 Octubre 2024

DOI: <https://doi.org/10.20983/decumanus.2024.2.3>

URL: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/651/6515102003/>

individuos. También se evaluó la diversidad y riqueza mediante los índices de Margalef ( $D_{Mg}$ ) registrando un valor de 9.01, el índice de Menhinick ( $D_{Mn}$ ) presentó un valor de 1.45 y el índice de Simpson (1-D) con un valor de 0.50, lo que evidencia una alta diversidad en el parque. Además, se determinó la biomasa y, a través de la misma, se estimó el contenido de carbono aplicando un factor de conversión de 4.7 %. Estos datos se convirtieron a  $CO_2$  utilizando la constante 3.67. Los resultados arrojaron un total de 215.339 t- $CO_{2-e}$ /ha capturado en el arbolado del Parque Ecológico Zazil, lo cual es equiparable a cantidades capturadas reportadas en otros estudios. La información generada contribuye al diseño de parques urbanos y a la conservación de su arbolado como estrategias de mitigación, mediante la captura de carbono a nivel ciudad.

**Palabras clave:** Cambio climático, mitigación, ciudades, espacios públicos, captura de  $CO_2$ .

**Abstract:** Different factors such as rapid urbanization and the excessive use of fossil fuels for economic activities carried out within cities have contributed to the increase in Greenhouse Gases (GHGs), with  $CO_2$  being one of the main GHGs causing the increase of temperature on Earth and, as a consequence, Climate Change. Nowadays, strategies such as capture of  $CO_2$  by the trees in urban public parks have been implemented within cities to reduce and mitigate the effects of this atmospheric gas. The objective of this work was to determine the tree diversity and amount of  $CO_2$  that is currently captured in the Zazil Ecological Park in the city of Chetumal, Quintana Roo, Mexico. For this, a forest survey was carried out on an area of 4.5 ha corresponding to the trees within the park with information on specimens with diameters greater than 7.5 cm, recording the normal diameter (1.30 m from ground level) and total height. From these data, 71 species and 32 families distributed in 2366 individuals were identified. Diversity and richness were evaluated using the Margalef index ( $D_{Mg}$ ) registering a value of 9.01, the Menhinick index ( $D_{Mn}$ ) presenting a value of 1.45 and the Simpson index (1-D) with a value of 0.50, which show a high diversity in the park. In addition, the biomass was determined and, through it, the carbon content was estimated by applying a conversion factor of 4.7 %. These data were converted to  $CO_2$  using the constant 3.67. Results showed a total of 215.339 t- $CO_{2-e}$ /ha captured in the trees of the Zazil Ecological Park, which is comparable to captured quantities reported in other studies. The information generated contributes to the design of urban parks and conservation of their trees as mitigation strategies, through carbon capture at the city level.

**Keywords:** Climate change, mitigation, cities, public spaces, CO<sub>2</sub> capture.

## 1. Introducción

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es uno de los gases importantes en la atmósfera terrestre, ya que forma parte integral del ciclo del carbono, ciclo biogeoquímico que comprende la interacción e intercambio del carbono con océanos, suelo, rocas y biosfera (Reichle & De-Massari AG, 2020). Asimismo, el  $\text{CO}_2$  es el principal responsable del aumento de las altas temperatura en la superficie de la Tierra y de los fenómenos meteorológicos adversos asociados al cambio climático (Szyba y Mikulik, 2022). Esto se debe en gran parte a las actividades antropogénicas cuyos resultados están causando consecuencias irreversibles (Shpak *et al.*, 2022).

El cambio climático es uno de los problemas globales más apremiantes en el mundo. El grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) pronostica que, de 1990 a 2100, la temperatura global aumentará entre 1.4 °C y 5.8 °C debido al continuo aumento de las emisiones de carbono (Sun *et al.*, 2022). El incremento de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera se puede mitigar mediante la reducción de la demanda de energía o aumentando las tasas de remoción de  $\text{CO}_2$  a través de la captura y almacenamiento de carbono en los árboles, lo que permite disminuir el  $\text{CO}_2$  atmosférico de forma natural (Sharma *et al.*, 2021). Dentro de las zonas urbanas, la existencia de áreas forestales donde puede efectuarse esta función suele denominarse espacio verde abierto o bosque urbano (Arlita *et al.*, 2022).

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021 (SEDATU, 2022), se entiende por espacio público a las áreas, espacios abiertos o predios de los asentamientos humanos destinados al uso, disfrute o aprovechamiento colectivo de acceso generalizado y libre tránsito, clasificando a las áreas verdes de acuerdo con su función, administración y servicio en parques, jardines y huertos. Sharma *et al.* (2021) afirman que los espacios verdes urbanos contribuyen al verdor de la ciudad, brindando a su vez una variedad de servicios ecosistémicos tales como mejora en la calidad del aire, atenuación de la contaminación acústica, conservación de la biodiversidad, mitigación del efecto de la isla de calor urbano, regulación del microclima, estabilización del suelo, recarga de aguas subterráneas, prevención de la erosión del suelo y secuestro de carbono.

Estudios realizados por Martínez-Trinidad *et al.* (2021) sobre la diversidad y estructura del arbolado de las áreas verdes citadinas y sus servicios ecosistémicos demuestran que dentro de los parques y espacios públicos se pueden concentrar cantidades de carbono en su arbolado, contribuyendo a la mitigación de las emisiones y efectos del  $\text{CO}_2$ .

En la actualidad las estrategias para mitigar las emisiones de  $\text{CO}_2$  se ha convertido en una cuestión prioritaria en los escenarios internacionales y nacionales, así como a escala ciudad (Terjanika y Pubule, 2022). El trabajo elaborado por Dhyani *et al.* (2021) en parques infantiles y jardines de la ciudad de Nagpur, en la India, determinó que en un área de 67.41 ha existe un total de 94.53 ton/ $\text{CO}_{2-e}$  ha almacenado en su arbolado. De igual manera, Lindén *et al.* (2020) realizaron su trabajo en parques urbanos en Helsinki, Finlandia, y los dividieron de acuerdo con su tamaño en pequeños, medianos y grandes, siendo este un criterio para su muestreo estratificado, lo que resultó en un total de 48 parques seleccionados y un área con una extensión de 3.005 ha, demostrando que en su arbolado se almacena un total de 130 ton/ $\text{CO}_{2-e}$  ha. Por su parte, Arlita *et al.* (2022) presentaron un total de 119.7 ton/ $\text{CO}_{2-e}$  ha en el arbolado del Forest Park, en una superficie de 10 ha, considerado como uno de los pulmones más grandes de Langsa, Indonesia, además de ser atractivo por su preservación, armonía y relación de elementos sociales, culturales y ambientales. Por otro lado, la investigación hecha por López-López *et al.* (2018) en el arbolado de la primera sección del Bosque de

Chapultepec de la delegación Miguel Hidalgo en la Ciudad de México comprobaron que se encuentra un total de 352.553 ton/CO<sub>2-e</sub> ha capturado en un área de 49.73 ha, lo que representa un 27.32 % del total del parque urbano (182 ha), considerado como una de las áreas verdes urbanas con mayor extensión y alto reservorio de carbono a escala local. Por último, el trabajo de Habtamu *et al.* (2021) en la zona arbolada de la Universidad Metropolitana Yeka Park Kotebe en la ciudad de Addis Abeba, Etiopía, registró un total de 580 ton/CO<sub>2-e</sub> ha almacenado.

A escala local el estudio de los espacios verdes urbanos ha tomado relevancia gracias al potencial que tiene su arbolado en la captura y compensación de las emisiones de carbono, con lo cual se observa la importancia de la función de los espacios públicos en la mitigación de efectos del cambio climático ocasionados por el incremento del CO<sub>2</sub> (Sharma *et al.*, 2021).

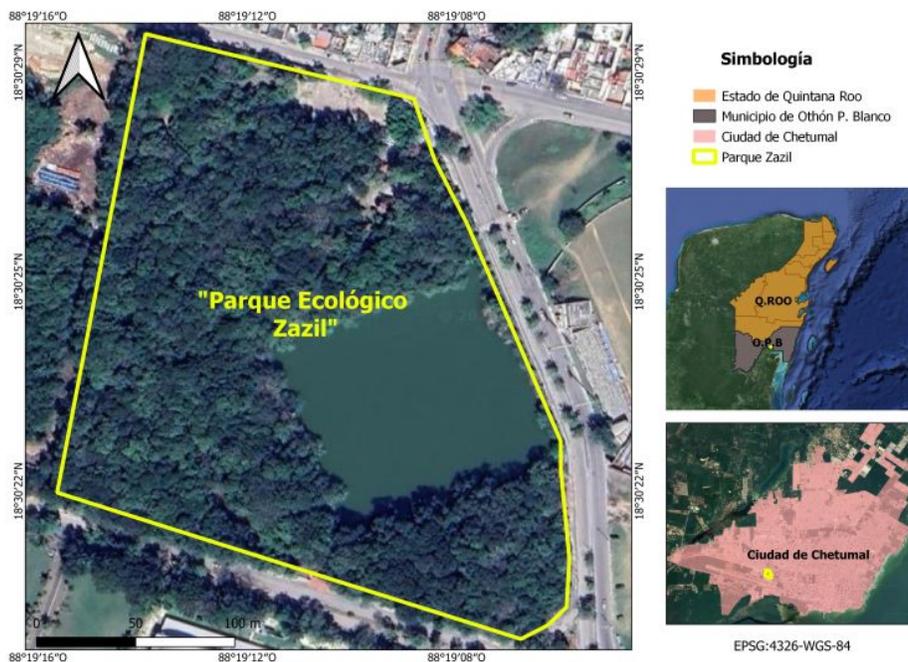
En la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, existen áreas verdes urbanas que tienen potencial para generar servicios ecosistémicos y además contribuir a la captura de CO<sub>2</sub>, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar la diversidad arbórea y cantidad de CO<sub>2</sub> que se encuentra capturado actualmente en el Parque Ecológico Zazil, el parque urbano más grande de Chetumal, con 5.5 ha de superficie. Un parque urbano, según la NOM-001-SEDATU-2021 (SEDATU, 2022), es un espacio ubicado al interior de un asentamiento construido, destinado a prados, jardines y arbolado, el cual permite y contribuye a la permeabilidad pluvial y ha sido explícitamente diseñado para el paseo, descanso y convivencia de la población. Para el desarrollo de nuestro trabajo, se partió de una caracterización dasométrica del arbolado urbano dentro del parque. A partir de estos datos se evaluó la diversidad y riqueza mediante el índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ), el índice de Menhinick ( $D_{Mn}$ ) y el índice de Simpson (1-D). Además, se obtuvo la biomasa arbórea y el carbono, que sirvieron como base para el cálculo de la captura y almacenamiento actual de CO<sub>2</sub> en el arbolado del Parque Ecológico Zazil.

## 2. Materiales y métodos

Para este trabajo de investigación la metodología se distribuyó en cuatro etapas: un inventario dasométrico y estructura del arbolado urbano dentro del parque, el cálculo de la biomasa, la estimación del carbono almacenado y la estimación de la captura de CO<sub>2-e</sub>.

### 2.1. Zona de estudio

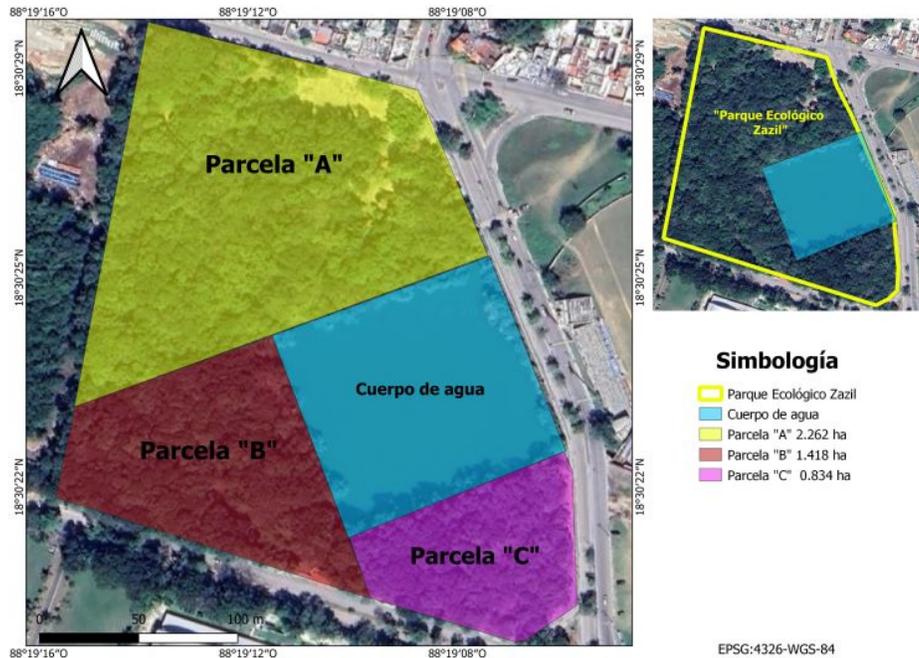
Como se mencionó, el Parque Ecológico Zazil se encuentra ubicado en Chetumal, Quintana Roo, en las coordenadas geográficas latitud 18.51413°N y longitud 88.30381°W (Figura 1). Es un parque urbano de acuerdo con la NOM-001-SEDATU-2021 (SEDATU, 2022). El clima de la ciudad es cálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2010), una temperatura media que oscila entre 18.8 °C y 33 °C y precipitación entre 1100 mm y 1300 mm anuales (Municipio de Othón P. Blanco, 2019).



**Figura 1.**  
Área de estudio Parque Ecológico Zazil.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. Inventario dasométrico y diversidad del arbolado urbano

Para la recopilación de información, se emplearon procedimientos no destructivos como los reportados por Anggara y Rahmawati (2021) y López-López *et al.* (2018). Con la ayuda de una cinta diamétrica Pichet, modelo 283D/5M, se dividió el área total en tres parcelas (A, B y C), lo que facilitó el levantamiento de los datos de cada árbol censado, como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.**  
Parcelas de estudio dentro del Parque Ecológico Zazil.  
Fuente: Elaboración propia.

Al interior de cada parcela se hizo la medición de los árboles con diámetros igual o mayor a 7.5 cm a la altura de 1.30 cm sobre el nivel del suelo ( $D_n$ ), utilizando una forcípula Haglöf Sweden, modelo Mantax Bluee 950 mm. Para la medición de las alturas totales ( $h$ ) de cada árbol se usó un clinómetro Haglöf Sweden, modelo AB2007. La información recabada se registró en una bitácora de campo en la que se describió el nombre común, género, especie, condición (sano, enfermo, dañado), diámetros, altura total, número de especies y total de árboles censados. Para la identificación de especies se utilizaron las guías de Ibarra *et al.* (1995), Carnevali *et al.* (2010) y Pérez *et al.* (2017). Con los datos dasométricos obtenidos se realizaron los cálculos de índices de riqueza, diversidad y dominancia de las especies encontradas en el Parque Ecológico Zazil.

Para el cálculo de la riqueza de especies se empleó el índice de Margalef ( $Ec. 1$ ) (Valdez *et al.*, 2018; Campo y Duval, 2014).

Índice de Margalef ( $D_{Mg}$ )

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

[Ec. 1]

Donde

$S$  = número de especies

$N$  = número total de individuos

Para la diversidad de especies se usó el índice de Menhinick (Ec. 2) (Valdez *et al.*, 2018; Campo y Duval, 2014).

Índice de Menhinick ( $D_{Mn}$ )

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde

$S$  = número de especies

$N$  = número total de individuos

Por otro lado, el índice de Simpson (1-D) (Ec. 3) nos permitió conocer la dominancia de las especies dentro del parque (Valdez *et al.*, 2018; Campo y Duval, 2014; Saavedra-Romero *et al.*, 2019).

Índice de Simpson (1-D)

$$\lambda = \sum (p_i)^2 \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde

$\lambda$  = dominancia

$\Sigma$  = sumatoria

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$

### 2.3. Estimación de la biomasa

La estimación de la biomasa se hizo empleando una ecuación alométrica (Festus *et al.*, 2018; Chave *et al.*, 2014):

$$AGB = 0.0673 \times (pD^2h)^{0.976} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde

AGB = biomasa aérea en kg/ha

$p$  = densidad de la madera en kg

$D$  = diámetros en centímetros

$h$  = altura total en metros

Los resultados de diámetros ( $D$ ) y alturas totales ( $h$ ) variables obtenidos en el levantamiento del arbolado dentro del parque fueron utilizados para sustituirlos y aplicarlos en la ecuación 4. Las densidades de las especies identificadas en el área de estudio se obtuvieron de las tablas descritas previamente (Chan-Coba *et al.*, 2022; Ordóñez *et al.*, 2015; CONAFOR, 2007). Con esto, se logró conocer la biomasa de cada árbol, biomasa total por parcela de estudio y la biomasa total de toda el área intervenida.

### 2.4. Estimación del carbono

El modelo matemático utilizado para la obtención del carbono almacenado fue el desarrollado en diversos estudios (Arlita *et al.*, 2022; Habtamu *et al.*, 2021; López-López *et al.*, 2018). Una vez obtenida la biomasa de cada árbol, se calculó el carbono almacenado multiplicando el resultado de la biomasa de cada árbol por un factor de conversión de 4.7 %, que es considerado como el contenido de carbono en los árboles (Ec. 5) (Arlita *et al.*, 2022; Habtamu *et al.*, 2021; López-López *et al.*, 2018).

$$C = AGB \times 4.7 \% \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde

C = carbono del árbol en kg/ha

AGB = biomasa aérea del árbol en kg

4.7 % = constante de carbono almacenado en el árbol

El resultado obtenido permitió determinar el carbono almacenado por árbol, el carbono total por parcela de estudio y el carbono total de toda el área de estudio.

## 2.5. Estimación de la captura de CO<sub>2-e</sub>

A partir de los contenidos de carbono almacenado de cada árbol urbano se realizó la estimación del CO<sub>2-e</sub> capturado mediante la ecuación utilizada en estudios previos (Ec. 6) (Arlita *et al.*, 2022; Anggara y Rahmawati, 2021; Habtamu *et al.*, 2021; López-López *et al.*, 2018).

$$\text{CO}_2 = C_n \times 3.67 \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde

CO<sub>2</sub> = captura de dióxido de carbono en ton/ha

C<sub>n</sub> = contenido de carbono en ton/ha

3.67 = número equivalente de conversión de carbono a CO<sub>2</sub>

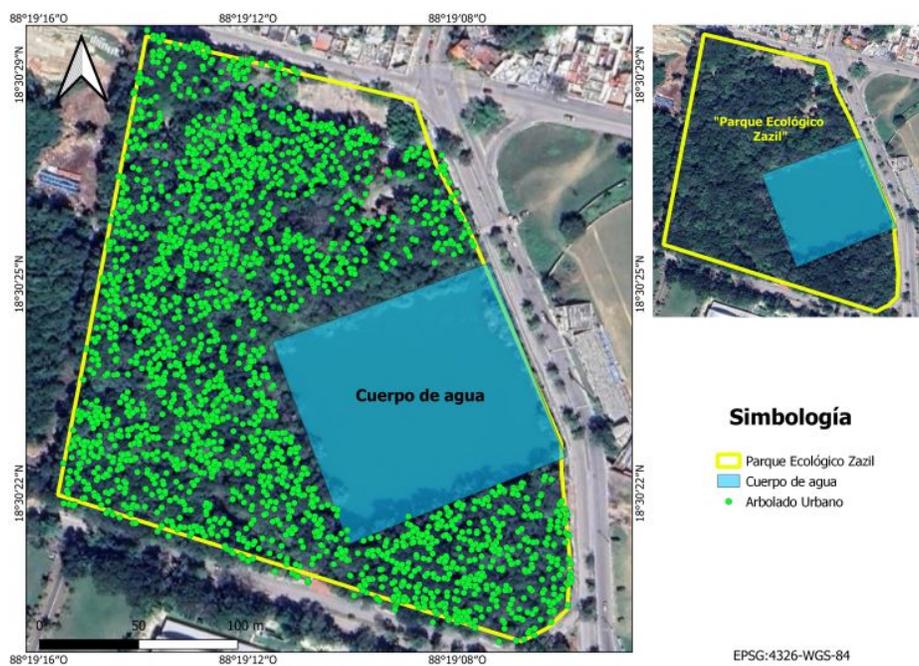
El equivalente de conversión de carbono se consiguió mediante la metodología utilizada en investigaciones previas (Arlita *et al.*, 2022; Anggara y Rahmawati, 2021; Habramu *et al.*, 2021; López-López *et al.*, 2018).

La constante de conversión de CO<sub>2</sub> se obtuvo multiplicando las masas atómicas por cada átomo de cada elemento del compuesto. Para el caso del carbono, debido a que solo tiene un átomo y su masa atómica es 12, el resultado dio 12 de masa atómica. Para el caso del oxígeno se tienen dos átomos y su masa atómica es de 16, el resultado fue 32 de masa atómica. La suma de las masas atómicas del compuesto de CO<sub>2</sub> es de 44. Esta masa atómica obtenida se dividió entre la masa atómica del carbono (12) y el resultado obtenido (3.67), que equivale a la porción de moléculas de CO<sub>2</sub>. Para hacer las conversiones de kg/ha a ton/ha se utilizó la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002 (SE, 2002) y la guía del Sistema Internacional de Unidades (SI) (Thompson y Taylor, 2008).

### 3. Resultados

#### 3.1. Composición

Los resultados para el área de estudio muestran que en el Parque Urbano Zazil de Chetumal hay un total de 71 especies de árboles endémicos e introducidos, que corresponden a 32 familias (como se muestra en la Figura 3), los cuales están distribuidos en un total de 2366 individuos, con una densidad de 526 árboles por hectárea, siendo Palma de Ch'iit (*Thrinax radiata*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), el Tzalam (*Lysiloma latisiliquum* L.), el Yaxnik (*Vitex gaumeri* Greenm), el Jabín (*Piscidia piscipula* L.), el Cedro (*Cedrela odorata* L.), el Negrito (*Simarouba glauca* DC), el Boop (*Coccoloba spicata*) y el Kaniste (*Pouteria campechiana*) las especies con mayor frecuencia. En la Tabla 1 se muestra el nombre científico, nombre común y cantidad de árboles de las especies resultantes en el Parque Ecológico Zazil. De igual forma en la Tabla 2 se observa la cantidad de individuos por familia encontrada en el Parque Zazil.



**Figura 3.**

Distribución del arbolado urbano dentro del Parque Ecológico Zazil.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Tabla 1.

Caracterización de la vegetación del Parque Ecológico Zazil.

Nombre Científico	Nombre común	No de árboles	%
<i>Thrinax radiata</i>	Palma de Ch' ñit	252	10.65
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	237	10.02
<i>Roystonea regia</i>	Palma Real	213	9.00
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	Tzalam	149	6.30
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Yaxnik	144	6.09
<i>Piscidia piscipula</i> (L.)	Jabin	119	5.03
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	107	4.52
<i>Simarouba glauca</i> DC	Negrito	102	4.31
<i>Coccoloba spicata</i>	Boop	78	3.30
<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste	58	2.45
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon	52	2.20
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chaka Rojo	48	2.03
<i>Metopium brownei</i>	Chechem	48	2.03
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	Kanasin	43	1.82
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	43	1.82
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	Maculix	41	1.73
<i>Swartzia cubensis</i>	Katalox	37	1.56
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	Uvilla	36	1.52
<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo	36	1.52
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Leucaena	34	1.44
Otras especies	Otras especies	489	20.67
<b>totales</b>		<b>2366</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Tabla 2.

Número de individuos por familia del Parque Ecológico Zazil.

Número	Familias	Número de individuos
1	<i>Apocynaceae</i>	30
2	<i>Annonaceae</i>	8
3	<i>Anacardiaceae</i>	76
4	<i>Arecaeae</i>	500
5	<i>Asparagáceas</i>	2
6	<i>Bignoniaceae</i>	41
7	<i>Bombacaceae</i>	25
8	<i>Boraginaceae</i>	50
9	<i>Burseraceae</i>	50
10	<i>Cecropiaceae</i>	3
11	<i>Combretáceas</i>	4
12	<i>Ebenaceae</i>	26
13	<i>Fabaceae</i>	412
14	<i>Faboideae</i>	6
15	<i>Lamiaceae</i>	144
16	<i>Lauraceae</i>	5
17	<i>Leguminosae</i>	47
18	<i>Malpighiaceae</i>	43
19	<i>Malváceas</i>	29
20	<i>Meliaceae</i>	344
21	<i>Moraceae</i>	63
22	<i>Moringaceae</i>	1
23	<i>Myrtaceae</i>	5
24	<i>Nyctaginaceae</i>	31
25	<i>Poáceae</i>	2
26	<i>Polygonaceae</i>	78
27	<i>Rubiaceae</i>	23
28	<i>Ruscaceae</i>	8
29	<i>Sapindaceae</i>	16
30	<i>Sapotaceae</i>	156
31	<i>Simaroubaceae</i>	102
32	<i>Urticaceae</i>	36
	<b>Total</b>	<b>2366</b>

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Por motivos de espacio no es posible enlistar los nombres de las 71 especies y las 31 familias, por lo que la Tabla 1 solo muestra las especies con mayor número de árboles y las otras representan a las que no se mencionan. Del mismo modo, en la Tabla 2 solamente se mencionan algunas de las familias encontradas en el Parque Ecológico Zazil.

### 3.2. Diversidad

El índice de Margalef presentó un valor de 9.010. Este muestra la alta o baja riqueza de las especies del ecosistema en relación con la vegetación (Campo y Duval, 2014). Valores inferiores a 2 son áreas de menor riqueza y valores arriba de 5 indican una alta riqueza de especies (Campo y Duval, 2014). Por otra parte, el índice de Menhinick fue de 1.45, lo que confirma que la riqueza y diversidad de especies en el Parque Zazil es alta. Asimismo, el índice de Simpson presentó un valor de 0.50, que expone una alta dominancia de especies representadas por Palma de Ch'iit (*Thrinax radiata*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*).

### 3.3. Captura de carbono

Los resultados muestran que el Parque Zazil concentra en su arbolado un total de 124.86 kg/ha de biomasa. Las especies que tienen mayor cantidad de biomasa son el Tzalam (*Lysiloma latisiliquum* L.) con un 27.85 % y el Yaxnik (*Vitex gaumeri* Greenm) con un 9.49 %. De igual forma, los valores encontrados para el carbono almacenado resultaron en una concentración total de 58.68 kg/ha, destacando nuevamente el Tzalam (27.85 %) y el Yaxnik (9.49 %). En la Tabla 3 se observan algunas de las especies con la concentración de biomasa y carbono almacenado. Por cuestiones de espacio fue imposible mencionar todas.

De acuerdo con los resultados y el trabajo de campo se anota que el Tzalam es la que reúne una mayor cantidad de biomasa y carbono, aunque no es la especie con mayor número de individuos en el parque. Se contempla que factores como su diámetro y altura proporcionaron una alta concentración de biomasa y carbono en su estructura vegetal. En la especie Caoba se observa el mismo fenómeno. Además, en la parcela C existe una mayor frecuencia de individuos y dominancia de esta especie. Todo lo contrario sucede con la Palma de Ch'iit, la especie que concentró más individuos en toda el área de estudio. Esta mostró un valor en la captura de carbono por debajo del Tzalam, ya que su estructura vegetal corresponde al estrato arbustivo y no logra desarrollar tronco y ramas de gran tamaño. En conclusión, las especies que resultaron con mayor concentración fueron árboles dominantes en el estrato arbóreo, pero con un número menor de individuos encontrados en el parque ecológico.

Tabla 3.  
Biomasa y carbono almacenado en las especies del Parque Ecológico Zazil.

Nombre científico	Nombre común	No de árboles	% de árboles	Biomasa Kg/ha	% de Biomasa kg/ha	Carbono almacenado kg/ha	% de Carbono kg/ha
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	Tzalam	149	6.3	34.77	27.85	16.34	27.85
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Yaxnik	144	6.09	11.84	9.49	5.57	9.49
<i>Piscidia piscipula</i> (L.)	Jabin	119	5.03	10.08	8.08	4.74	8.08
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	237	10.02	7.08	5.67	3.33	5.67
<i>Simarouba glauca</i> DC	Negrito	102	4.31	5.69	4.56	2.68	4.56
<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste	58	2.45	4.67	3.74	2.19	3.74
<i>Roystonea regia</i>	Palma Real	213	9	4.5	3.61	2.12	3.61
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	107	4.52	4.45	3.57	2.09	3.57
<i>Metopium brownei</i>	Chechem	48	2.03	4	3.2	1.88	3.2
<i>Coccoloba spicata</i>	Boop	78	3.3	3.44	2.75	1.62	2.75
<i>Swartzia cubensis</i>	Katalox	37	1.56	3.09	2.47	1.45	2.47
<i>Ceiba pentandra</i> (L.)	Ceiba	25	1.06	2.75	2.2	1.29	2.2
<i>Delonix regia</i>	Flamboyam	19	0.8	2.19	1.76	1.03	1.76
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chaka Rojo	48	2.03	1.79	1.43	0.84	1.43
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Leucaena	34	1.44	1.63	1.31	0.77	1.31
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon	52	2.2	1.57	1.26	0.74	1.26
<i>Thrinax radiata</i>	Palma de Ch'it	252	10.65	1.47	1.18	0.69	1.18
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guasimo	27	1.14	1.37	1.1	0.65	1.1
<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo	36	1.52	1.36	1.09	0.64	1.09
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	20	0.85	1.34	1.07	0.63	1.07
Otras especies	Otras especies	561	23.7	15.78	12.61	7.39	12.61
Total		2366	100	124.86	100	58.68	100

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Se determinó que en el arbolado censado dentro del Parque Ecológico Zazil existe una reserva de dióxido de carbono de 215.339 ton/CO<sub>2-e</sub> ha que presenta una mayor captura en la especie Tzalam (27.85 %), seguida por el Yaxnik (9.49 %). Como se mencionó, factores como el diámetro, altura, estructura vegetal, dominancia y el tipo de estrato de estas especies han logrado tener una mayor captura de dióxido de carbono, lo que funciona como una estrategia natural para la mitigación de este gas a escala ciudad. En la Tabla 4 se enlistan algunas de las especies con las cantidades de captura de dióxido de carbono.

Tabla 4.  
Captura de CO<sub>2-e</sub> de las especies dentro en el Parque Ecológico Zazil.

Nombre científico	Nombre común	No de árboles	% de árboles	Ton-CO <sub>2</sub> -e/ha	% Ton-CO <sub>2</sub> -e/ha
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	Tzalam	149	6.3	59.97	27.85
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Yaxnik	144	6.09	20.43	9.49
<i>Piscidia piscipula</i> (L.)	Jabin	119	5.03	17.39	8.08
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	237	10.02	12.21	5.67
<i>Simarouba glauca</i> DC	Negrito	102	4.31	9.82	4.56
<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste	58	2.45	8.05	3.74
<i>Roystonea regia</i>	Palma Real	213	9	7.77	3.61
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	107	4.52	7.68	3.57
<i>Metopium brownei</i>	Chechem	48	2.03	6.9	3.2
<i>Coccoloba spicata</i>	Boop	78	3.3	5.93	2.75
<i>Swartzia cubensis</i>	Katalox	37	1.56	5.32	2.47
<i>Ceiba pentandra</i> (L.)	Ceiba	25	1.06	4.75	2.2
<i>Delonix regia</i>	Flamboyam	19	0.8	3.78	1.76
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chaka Rojo	48	2.03	3.08	1.43
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Leucaena	34	1.44	2.81	1.31
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon	52	2.2	2.7	1.26
<i>Thrinax radiata</i>	Palma de Ch'it	252	10.65	2.54	1.18
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guasimo	27	1.14	2.37	1.1
<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo	36	1.52	2.34	1.09
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	20	0.85	2.3	1.07
Otras especies	Otras especies	561	23.7	27.199	12.61
Total		2366	100	215.339	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Los resultados mostraron una alta disponibilidad en el arbolado para el almacenamiento de carbono en su estructura vegetal y una reducción de gases contaminantes en el aire.

#### 4. Discusión

La composición arbórea resultante en el Parque Ecológico Zazil de Chetumal fue mayor a lo reportado por Morales-Gallegos *et al.* (2023) en la ciudad de Texcoco de Mora, con 1543 árboles distribuidos en 56 especies y 24 familias. También se superó a las 33 especies encontradas por Molina-Guerra *et al.* (2023) en seis localidades rurales de Hualahuises, Nuevo León. Por otro lado, resultados como los de la investigación de Alanís-Rodríguez *et al.* (2022), realizada en el centro de Hualahuises, mostró un total de 38 especies, al igual que Martínez-Trinidad *et al.* (2021) con 34 especies y 19 familias registradas en cuatro parques urbanos de Texcoco de Mora. El trabajo realizado por Canizales *et al.* (2020) expuso valores inferiores con 13 especies y 11 familias reportadas en Montemorelos, Nuevo León. Sin embargo, los datos del Parque Zazil fueron inferiores a lo documentado por De la Concha *et al.* (2017), con 134 especies estudiadas en las ciudades de Mérida y Playa del Carmen en el sur de México. Por su parte, el trabajo de Almeida-Cerino *et al.* (2024) elaborado en Tapachula, Chiapas, señaló un total de 130 especies y 44 familias, siendo superior a lo hallado en el Parque Zazil, pero se encuentra por debajo de lo descrito en las ciudades de Mérida y Playa del Carmen (De la Concha *et al.*, 2017). Los resultados de la composición arbórea dentro de las áreas estudiadas nos permiten conocer qué actividades de manejo de arbolado urbano se pueden integrar para un mejor crecimiento, desarrollo y disponibilidad de los recursos ecosistémicos en los espacios verdes urbanos (Morgenroth *et al.*, 2020).

Por otro lado, los resultados de la densidad arbórea por hectárea fueron superiores a los encontrados en otros trabajos. Por ejemplo, se han documentado valores de 194.6 árboles por hectárea en la ciudad de Montemorelos (Canizales *et al.*, 2020). En los cuatro parques de Texcoco de Mora se registró un total de 167 árboles por hectárea (Martínez-Trinidad *et al.*, 2021) y una densidad de 130 individuos por hectárea (Morales-Gallegos *et al.*, 2023). Los resultados de Leal *et al.* (2018) y De la Concha *et al.* (2017) se encuentran por debajo de lo informado para el Parque Ecológico Zazil con 74.43 y 96 árboles por hectárea. La variabilidad en la densidad puede explicarse debido a la forma y superficie de los espacios estudiados, así como a la función y tipos de áreas verdes dentro de la red citadina. También existen factores climáticos, selección de especies, adaptabilidad o manejo que influyen en la densidad del arbolado urbano (Danguilla *et al.*, 2019; Bingqian *et al.*, 2020; Canizales *et al.*, 2020).

La diversidad reportada para el Parque Zazil fue inferior a lo documentado por Almeida-Cerino *et al.* (2024), donde el índice de Margalef se ubicó en el rango de 5.2 a 15.2, valores que corresponden a la ciudad de Tapachula; en cambio, fueron superiores al trabajo de Morales-Gallegos *et al.* (2023) en la ciudad de Texcoco de Mora (2.42). El índice de Simpson resultó inferior a lo descrito por Martínez-Trinidad *et al.* (2021) con un valor de 0.73 de los cuatro parques de Texcoco de Mora. Los resultados exponen que existe una alta diversidad y abundancia de especies en el Parque Zazil. Por último, es importante mencionar que las características ecológicas de la región ofrecen condiciones más propicias para la diversidad biológica por tratarse de un ambiente de trópico húmedo (Almeida-Cerino *et al.*, 2024).

Los valores de CO<sub>2-e</sub> obtenidos en el área de estudio son superiores al compararse con los de Arlita *et al.* (2022), que muestran un total de 119.07 ton-CO<sub>2-e</sub>/ha capturados en el arbolado del parque urbano de la ciudad de Langsa, Indonesia. Sin embargo los resultados de Habtamu *et al.* (2021) en los parques de la Universidad Metropolitana de Kotebe, en Addis Abeba, Etiopía, superan con 160.8 ton-CO<sub>2-e</sub>/ha a los documentados por Arlita *et al.* (2022); a los capturados en los parques urbanos en condiciones de clima frío de la ciudad de Helsinki, Finlandia, con 130 ton-CO<sub>2-e</sub>/ha (Lindén *et al.*, 2020); y a lo reportado por Dhyani *et al.* (2021) en un bosque urbano conservado de Seminary Hills en Nagpur, India, con un total de 94.53 ton-CO<sub>2-e</sub>/ha. Cabe destacar que los espacios analizados en estos trabajos forman parte de contextos de clima tropical o frío. Además, incluyeron calles de la ciudad, huertos familiares, cementerios, praderas, parques públicos y universidades. Para su investigación se elaboraron muestreos dentro de las áreas donde se hicieron los levantamientos dasométricos y se tomaron valores de carbono almacenado en el suelo. Para este estudio el levantamiento se realizó en todo el arbolado, por lo que no se requirió algún tipo de muestreo dentro de la zona trabajada, tomando los resultados del carbono almacenado en el arbolado en una área consolidada y no disgregada. No obstante, la captura de carbono por hectárea en el arbolado del Parque Ecológico Zazil fue menor a los valores documentados por Anggara y Rahmawati (2021), donde la captura en el arbolado de la terminal de autobuses en la ciudad de Rajekwesi, Indonesia, fue de 292.058 ton-CO<sub>2-e</sub>/ha; así como Festus *et al.* (2018) en el arbolado de seis calles de la ciudad de Kumasi, Ghana, con un total de 228 ton-CO<sub>2-e</sub>/ha. La densidad por hectárea y los diámetros grandes proveen mejores servicios ecosistémicos y entre ellos altos valores de captura de carbono (Saavedra-Romero *et al.*, 2019), como se muestra en los resultados del Parque Zazil, donde las especies con diámetros y alturas más grandes fueron las de mayor captura de carbono.

## 5. Conclusiones

El presente trabajo de investigación reveló que de acuerdo con los índices utilizados en el arbolado del Parque Zazil existe una alta riqueza y diversidad arbórea, superior a lo reportado en otros estudios en México. Lo anterior se debe a factores como la dimensión del parque, el diseño, la distribución de la infraestructura interna y el tipo de clima de la región, lo cual se refleja en su composición y estructura. También resaltó que en el parque existe un alto número de arbolado joven en crecimiento que será parte de la sucesión natural en el reemplazo de los árboles que ya cumplieron su ciclo de captura dentro del área arbolada, siendo este un potencial a futuro para la captura de carbono a escala local. Los espacios con dimensiones y tipologías como las del Parque Zazil tienen relación positiva con las especies que reportaron una mayor concentración de carbono en su estructura vegetal, lo que se demostró en el total de captura por hectárea en el arbolado urbano del parque. Los resultados contribuyen a un diseño urbano donde se consideren lugares como los del Parque Zazil y se generen acciones de manejos ambientales de acuerdo con las necesidades de cada espacio público y al tipo de vegetación, de tal manera que los parques urbanos continúen contribuyendo a la absorción de CO<sub>2</sub>-e como acción de mitigación. De este modo se encamina a las ciudades hacia la sustentabilidad. Los hallazgos de este estudio evidencian un alto reservorio de CO<sub>2</sub>-e en el Parque Ecológico Zazil; sería adecuado dar continuidad a este tipo de análisis incorporando otras variables (suelo y agua), estudios de fórmulas especializadas en arbolado urbano, así como también priorizar en la reforestación con especies que puedan absorber mayor cantidad de carbono en otros parques de la ciudad.

## Referencias

- Anggara, O. C. y Rahmawati, L. A. (2021). La efectividad del bosque urbano en la absorción de emisiones de CO<sub>2</sub> en la terminal de tipo A de Rajekwesi. *Ilmu Lingkungan*, 19(1), 60-65. Doi: 10.14710/jil.19.1.60-65
- Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., Molina-Guerra, V. M., Gárate-Escamilla, H. y Sigala, J. Á. (2022). Caracterización del arbolado urbano del centro de Hualahuises, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 39-49. Doi: 10.29298/rmcf.v13i73.1271
- Almeida-Cerino, C., Bertolini, V. y Martínez-Trinidad, T. (2024). Estructura y diversidad florística en áreas verdes urbanas de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15(83), 131-154.
- Arlita, T., Yanti, L., Farida, A., Umam, A., Anhar, A., Maimunah, S., Samek, J. y Muslih, M. (2022). Total Carbon Stock in Langsa Urban Forest, Langsa City, Aceh Province. *Earth and Environmental Science*, 951(1), 1-6. Doi: 10.1088/1755-1315/951/1/012092
- Bingqian, M., Hauer, R. J., Wei, H., Koeser, A. K., Peterson, W., Simons, K., Timilsina, N. y Werner, L. P. (2020). An Assessment of Street Tree Diversity: Findings and Implications in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126826>
- Campo, A. y Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía*, 34(2), 25-42. Doi: 10.5209/rev\_AGUC.2014.v34.n2.47071
- Canizales, P., Alanís-Rodríguez, E., Holguín, V. A., García, S. y Chávez, A. C. (2020). Caracterización del arbolado urbano de la ciudad de Montemorelos, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(62), 111-135. Doi: 10.29298/rmcf.v11i62.768
- Carnevali, G., Tapia, J., Duno, R. y Ramírez, I. (2010). *Flora ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico*. Yucatán, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2007). *Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México*.
- Chan-Coba, G., De Jong, B., González, N., López, J., Morales, D., Venegas, J., Reyes, M. y Arial, D. (2022). Densidad de madera de especies arbóreas dominantes de la selva tropical subperenifolia de Calakmul, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3), 1-13. Doi: 10.19136/era.a9n3.3386
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., Péliissier, R., Ploton, P., Ryan, C. M., Saldarriaga, J. G., Vieilledent, G. (2014). Improved Allometric Models to Estimate the Aboveground Biomass of Tropical Trees. *Global Change Biology* 20(10), 3177-3190. Doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Dangulla, M., Manaf, L. A., Firuz, M. y Rusli, M. (2019). Urban Tree Composition, Diversity and Structural Characteristics in Northwestern Nigeria. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126512>
- De la Concha, H., Roche, C. L. y García, B. A. (2017). *Inventario del arbolado urbano de la Ciudad de Mérida*. Mérida, México: Ayuntamiento de Mérida 2018-2021. Disponible en: [http://www.merida.gob.mx/sustentable/contenidos/doc/inventario\\_arbolado\\_merida.pdf](http://www.merida.gob.mx/sustentable/contenidos/doc/inventario_arbolado_merida.pdf)

- Dhyani, Sh., Singh, A., Gujre, N. y Joshi, R. (2021). Quantifying Tree Carbon Stock in Historically Conserved Seminary Hills Urban Forest of Nagpur, India. *Acta Ecologica Sinica*, 45(3), 193-203. Doi: 10.1016/j.chnaes.2021.01.006
- Festus, B., Callo-Concha, D., Denich, M. (2018). Structure, Diversity, and Carbon Stock of the Tree Community of Kumasi, Ghana. *Forests*, 9(519), 1-17. Doi: 10.3390/f9090519
- Habtamu, M., Amberber, M., Sahilu, R., Gudissa, A. (2021). Carbon Stock Estimation of Urban Tree in Yeka Park and KMU Addis Ababa. *Resources Development and Management*, 74(1), 11-17. Recuperado de <https://www.iiste.org/>
- Ibarra, G., Villaseñor, J. y Durán, R. (1995). Riqueza de especies y endemismo del componente arbóreo de la Península de Yucatán, México. *Bol. Soc. Bot. México*, 57(1), 49-77.
- INEGI (2010). *Compendio de información geográfica municipal*. Othón P. Blanco Quintana Roo.
- Leal, C. E., Leal, N., Alanís, E., Pequeño, M., Mora, A. y Buendía, E. (2018). Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(48), 252-270. Doi: 10.29298/rmcf.v8i48.129
- Lindén, L., Riikonen, A., Setälä, H., Yli-Pelkonen, V. (2020). Quantifying Carbon Stocks in Urban Parks Under Cold Climate Conditions. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49(1), 1-9. Doi: 10.1016/j.ufug.2020.126633
- López-López, S., Martínez-Trinidad, T., Benavides-Meza, H., García-Nieto, M., Ángeles-Pérez, G. (2018). Reservorios de biomasa y carbono en el arbolado de la primera sección del Bosque de Chapultepec, Ciudad de México. *Madera y Bosque*, 24(3), 1-14. doi:10.21829/myb.2018.2431620
- Martínez-Trinidad, T., Hernández, P., López-López, S., Mohedano, 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), 204-223.
- Molina-Guerra, V. M., Alanís-Rodríguez, E., Mora, A., Rubio, E., González, A. T. (2023). Diversidad y estructura de especies arbóreas en localidades rurales de Hualahuises, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(79), 344-354. Doi: 10.29298/rmcf.v14i79.1343
- Morales-Gallegos, L. M., Martínez-Trinidad, T., Hernández-de la Rosa, P., Gómez-Guerrero, A., Alvarado-Rosales, D. y Saavedra-Romero, L. de L. (2023). Diversidad, estructura y salud del arbolado en áreas verdes de la ciudad de Texcoco, México. *Bosque*, 44(2), 401-414. Doi: 10.4067/S0717-92002023000200401
- Morgenroth, J., Nowak, D. J. y Koeser, A. K. (2020). DBH Distributions in America's Urban Forest—An Overview of Structural Diversity. *Forests*, 11(2), 135. Doi: <https://doi.org/10.3390/f11020135>
- Municipio de Othón P. Blanco. (2019). *Programa de Desarrollo Urbano Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Há*.
- Ordóñez, J., Galicia, A., Venegas, N., Hernández, T., Ordóñez, M. y Dávalos-Sotelo R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y Bosque*, 21(1), 77-126.
- Pérez, J., Duno, R., Carnevali, G., Ramírez, I., Méndez, N., Zamora, P., Gutiérrez, C., y Cetzal, W. (2017). El conocimiento florístico de la Península de Yucatán, México. *Polibotánica*, 43(1), 39-49. Doi: 10.18387/polibotánica.44.3

- Reichle & De-Massari AG (2020). *SustainabilityReport 2019/2020*. Recuperado de [https://www.rdm.com/wp-content/uploads/2021/04/Nachhaltigkeitsbericht\\_2019\\_20\\_ENG.pdf](https://www.rdm.com/wp-content/uploads/2021/04/Nachhaltigkeitsbericht_2019_20_ENG.pdf)
- Saavedra-Romero, L. de L., Hernández-de la Rosa, P., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T. y Villa-Castillo, J. (2019). Diversidad y estructura arbórea e índice de valor de importancia en un Bosque Urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, 47, 25-37. doi:10.18387/polibotánica.47.3
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2022). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021, Espacios Públicos en los asentamientos humanos. *Diario Oficial de la Federación*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5643417&fecha=22/02/2022](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643417&fecha=22/02/2022)
- Secretaría de Economía (SE) (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida. *Diario Oficial de la Federación*. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=718870&fecha=27/11/2002](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=718870&fecha=27/11/2002)
- Sharma, R., Pradhan, L., Kumari, M. y Bhattacharya, P. (2021). Assessment of Carbon Sequestration Potential of Tree Species in Amity University Campus Noida. *Environmental Sciences Proceedings*, 3(52), 1-9. Doi: 10.3390/IECF2020-08075
- Shpak, N., Ohinok, S., Kulyniak, I., Sroka, W., Fedun, Y., Ginevičius, R. y Cygler, J. (2022). CO2 Emissions and Macroeconomic Indicators: Analysis of the Most Polluted Regions in the World. *Energies*, 15(8), 1-22. Doi: 10.3390/en15082928
- Sun, Y., Liu, S. y Li, L. (2022). Grey Correlation Analysis of Transportation Carbon Emissions Under the Background of Carbon Peak and Carbon Neutrality. *Energies*, 15(9), 1-24. Doi: doi.org/10.3390/en15093064
- Szyba, M. y Mikulik, J. (2022). Energy Production from Biodegradable Waste as an Example of the Circular Economy. *Energies*, 15(4), 1-16. Doi: 10.3390/en15041269
- Terjanika, V. y Pubule, J. (2022). Barriers and Driving Factors for Sustainable Development of CO2 Valorisation. *Sustainability*, 14(9), 1-16. Doi: 10.3390/su14095054
- Thompson, A. y Taylor, B. (2008). *Guide for the Use of the International System of Units (SI)*. USA: U.S Department of Commerce; National Institute of Standards and Technology.
- Valdez, C., Guzmán, M., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M. y Rocha, A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Biología Tropical*, 66(4), 1674-1682.

## ENLACE ALTERNATIVO

<https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/decumanus/article/view/6379> (html)



**Disponible en:**

<https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/651/6515102003/6515102003.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe,  
España y Portugal  
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la  
naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

Luis Enrique Reyes Chan, Herlinda del Socorro Silva Poot,  
Ricardo Enrique Vega Azamar

**Diversidad y captura de CO<sub>2</sub> del arbolado del Parque  
Ecológico Zazil, Chetumal, Quintana Roo**

Tree Diversity and CO<sub>2</sub> Capture in the Zazil Ecologic Park,  
Chetumal, Quintana Roo

*DECUMANUS. REVISTA INTERDISCIPLINARIA SOBRE ESTUDIOS  
URBANOS.*

vol. 13, núm. 13, 2024

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

[decumanus@uacj.mx](mailto:decumanus@uacj.mx)

**ISSN:** 2448-900X

**ISSN-E:** 2448-900X

**DOI:** <https://doi.org/10.20983/decumanus.2024.2.3>