

Estructura y composición del bosque tropical seco de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México

Structure and composition of the tropical dry forest of Cozumel island, Quintana Roo, Mexico

Thalia González Ortega-Gamboa¹  y Martha Angélica Gutiérrez-Aguirre^{2*} 

¹Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, División de Ciencias Multidisciplinares Cozumel, Doctorado en Desarrollo Sustentable. Avenida Andrés Quintana Roo s/n, esq. calle 110 Sur. Col. Maravilla, CP. 77600. San Miguel de Cozumel, Cozumel, Quintana Roo, México.

²Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, División de Ciencias Multidisciplinares Cozumel, Departamento de Humanidades. Avenida Andrés Quintana Roo s/n, esq. calle 110 Sur. Col. Maravilla, CP. 77600. San Miguel de Cozumel, Cozumel, Quintana Roo, México.

*Autor de correspondencia: margutierrez@uqroo.edu.mx

Artículo científico

Recibido: 04 de abril 2025

Aceptado: 26 de marzo 2026

RESUMEN. Las selvas medianas subcaducifolias (SMSC) se consideran bosques tropicales secos, se caracterizan por su marcada estacionalidad de lluvias. Esto es un factor clave que define su composición florística, estructura y estrategias fisiológicas y funcionales de las especies vegetales que las conforman. A pesar de ser ecosistemas peculiares y de los más amenazados por acciones antrópicas han sido poco estudiados; por ello, este trabajo tiene por objetivo determinar la composición florística, la estructura horizontal y vertical de la SMSC de un sistema insular del Caribe mexicano. Se establecieron 60 parcelas circulares de vegetación, se estimaron parámetros dasométricos (Diámetro Normal, Dominancia, Densidad, Índice de valor de Importancia), diversidad de Shannon-Wiener, equidad de Pielou y riqueza específica; adicionalmente se realizó un análisis de conglomerados entre los sitios de muestreo. La riqueza fue de 49 especies, 42 géneros y 25 familias, siete especies son endémicas de la región Península de Yucatán. El diámetro normal y altura promedios fueron de 17.3 cm y 7.5 m, respectivamente. La SMSC de Cozumel está dominada por las especies *Metopium brownei*, *Manilkara zapota* y *Gliricidia sepium* con los valores mayores de índice de valor de importancia (IVI), además refleja un estado sucesional joven en función de su composición y estructura cuyas clases diamétricas describen una distribución de "J" invertida, lo que sugiere un proceso de recambio o repoblación del estrato arbóreo de este tipo de selva.

Palabras clave: Caribe mexicano, vegetación insular, dasometría, selvas tropicales estacionalmente secas.

ABSTRACT. The medium sub deciduous forests are considered a type of dry tropical forests, characterized mainly by their marked seasonality of rainfall. This characteristic is a key factor that defines their floristic composition, structure and physiological and functional strategies of the plant species that comprise them. In spite of being peculiar ecosystems and among the most threatened by anthropic actions, they have been little studied; in view of this need, the present work has proposed to determine the floristic composition, horizontal and vertical structure of the SMSC of an insular system of the Mexican Caribbean. Sixty circular plots of vegetation were established, and parameters such as dasometric parameters (Normal Diameter, Dominance, Density, Importance Value Index), Shannon-Wiener diversity, Pielou index and species richness were estimated; additionally, a cluster analysis was carried out among the sampling sites. The richness was 49 species, 42 genera and 25 families, seven species are endemic to the Yucatan Peninsula region. The average normal diameter and height were 17.3 cm and 7.5 m, respectively. The SMSC of Cozumel is dominated by the species *Metopium brownei*, *Manilkara zapota* and *Gliricidia sepium* with the highest values of importance value index (IVI). It also reflects a young successional state in terms of its composition and structure, whose diameter classes describe a distribution that is similar to that of the Yucatan Peninsula.

Keywords: Mexican Caribbean, insular vegetation, dasometrics, seasonally dry tropical rainforests.

INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) clasifica a los bosques tropicales secos (BTS) de México en 5 tipos: selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja espinosa caducifolia, selva mediana caducifolia y selva baja subcaducifolia (CONABIO 2024). Los BTS se distribuyen en regiones tropicales del mundo y se caracterizan por su marcada estacionalidad de las lluvias (Linares-Palomino *et al.* 2011, Dzib-Castillo *et al.* 2014), la cual rige su dinámica estructural (Guerra-Martínez *et al.* 2020). La frecuencia, cantidad y duración de las precipitaciones, así como la duración de la temporada seca en este tipo de vegetación están relacionadas con cambios en la composición florística, estructura y estrategias fisiológicas y funcionales de las especies vegetales (Ibarra-Manríquez *et al.* 2022). La estatura de la vegetación leñosa de los BTS es \geq a 8.3 m en promedio, con una riqueza específica oscilante entre 22 a 70 especies; indicadores de menor magnitud en comparación con los bosques tropicales húmedos (Murphy y Lugo 1986).

Sin embargo, de acuerdo con Ibarra-Manríquez *et al.* (2022), los BTS son comunidades que albergan endemismos (Trejo y Dirzo 2002, Linares-Palomino *et al.* 2011) y por ello se les cuenta entre los ecosistemas más amenazados por acciones antropogénicas (Ceballos y García 1995, Almazán-Núñez *et al.* 2012, Pennington *et al.* 2018, Ibarra-Manríquez *et al.* 2022). Por ejemplo, la principal problemática que enfrentan los BTS de Mesoamérica es la fragmentación originada por el cambio de uso de suelo con fines agrícolas, ganaderos o de vivienda; así como la extracción de sus recursos naturales, lo cual modifica la composición y heterogeneidad de su estructura (Almazán-Núñez *et al.* 2012). Los BTS resultan fascinantes y de gran interés para la ciencia, pues su vegetación cuenta con estrategias fisiológicas que les permiten soportar estrés y disturbios como el fuego, la sequía o la herbivoría. Adicionalmente, proporcionan importantes servicios ecosistémicos y recursos naturales que resultan vitales para un futuro sostenible de las sociedades en las regiones tropicales (Pennington *et al.* 2018).

A pesar de que es un bioma con características y funciones propias y distintivas, se reconoce como ignorado (Dexter *et al.* 2018) en comparación con los bosques tropicales húmedos, los cuales han sido mejor estudiados que los BTS, probablemente debido a la elevada biodiversidad y sorprendente vegetación que los caracteriza (Pennington *et al.* 2018, Dexter *et al.* 2018). De tal manera que el estudio de los BTS es prioritario, pues favorece un mejor entendimiento de la dinámica ecológica del ecosistema y la dinámica poblacional de las especies vegetales, así como la determinación del estado actual de este tipo de vegetación si se pretende dar algún tipo de manejo o aprovechamiento de los recursos forestales o la implementación de estrategias para su conservación (Ceballos y García 1995). Ante la necesidad de contribuir con el estudio de esta vegetación poco explorada, el presente trabajo tiene por objetivo determinar la composición, la estructura horizontal y vertical de la comunidad arbórea de la selva mediana subcaducifolia (SMSC) de un sistema insular del Caribe mexicano; la SMSC comprendida como uno de los tipos de bosques tropicales secos o estacionales presentes en el territorio mexicano prioritarios para la conservación (Dzib-Castillo *et al.* 2014) y cuya estructura, es un indicador del funcionamiento del ecosistema, la configuración del paisaje y la calidad del hábitat para las distintas poblaciones de fauna (Del Río *et al.* 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en Cozumel, una isla de 467.88 km², se encuentra a 17.5 km de la costa noreste de la península de Yucatán en el Caribe mexicano, separada por el canal de Cozumel (Cuarón *et al.* 2004). El clima es cálido húmedo con lluvias en verano; durante este último ocurre una disminución de la presión atmosférica en el mar Caribe y Atlántico Oriental que genera huracanes. A finales de esta estación, la zona está influenciada por los frentes fríos, algunos de los cuales depositan hasta 380 mm de lluvia invernal promedio (Orellana *et al.* 2007). La precipitación promedio anual es de poco más de 1 500 mm; los meses más secos son marzo-abril y octubre es el mes con precipitación promedio más alta (Orellana *et al.* 2007). Los principales tipos de vegetación de la isla son la selva mediana subcaducifolia, selva baja subcaducifolia, manglar, tular, vegetación de dunas costeras y tasistal (Téllez-Valdés y Cabrera 1987, Téllez-Valdés *et al.* 1989). Según el último registro, la selva mediana subcaducifolia ocupaba un área de 310 km², equivalente a más del 70% de la superficie total de la isla. La selva mediana subcaducifolia de la isla corresponde a la región florística Caribeña y provincia florística de la Península de Yucatán; se considera que posee afinidades florísticas con las provincias de la costa del Pacífico y de la costa del Golfo de México, pero principalmente con la provincia de Las Antillas (Rzedowski 2006).

El área de muestreo (Figura 1) se ubicó en el eje de captación de agua número dos (en Cozumel hay cinco ejes de captación), administrado por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (CAPA). El área estudiada se encuentra dentro de la reserva estatal de selva y humedales de Cozumel a cargo del Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO). En los ejes de captación de agua de la isla de Cozumel, se alberga el acuífero del cual se extrae el agua potable que usa toda la población de la isla. Se eligió este sitio de selva debido a que se considera como una de las áreas de SMSC mejor conservadas y con poca o nula alteración de origen antrópico, de tal modo que se esperaba que la estructura y composición del componente arbóreo de este tipo de vegetación fuese lo más próximo a las condiciones naturales.

Método de muestreo

Al final de los ejes de captación de agua se localizaron parcelas circulares con un radio de 15 m (0.07 ha) de manera aleatoria. En total, se establecieron 60 parcelas circulares, las cuales conformaron una superficie total de 4.24 ha (Figura 2). Se registraron todos los individuos arbóreos presentes dentro de las parcelas, su fase fenológica (determinada de manera cualitativa a partir de observación directa observando los estadios básicos: vegetativo, floración y fructificación) diámetro normal (DN) y altura total del arbolado. Para esta última se utilizó un telémetro Nikon® Forestry PRO Laser Rangefinder/Hypsometer. Para determinar la estructura de la comunidad arbórea se consideraron los árboles reproductivamente maduros y se eligieron a los individuos con un DN \geq 10 cm (Trolliet *et al.* 2017). Para casos particulares en la medición del DN debido a la morfología o posición del individuo, se recurrió a las técnicas sugeridas por la FAO (2004). La identificación de las especies leñosas se realizó en el sitio y adicionalmente se tomaron fotografías de los individuos. Con los nombres en maya de las especies, se hicieron referencias cruzadas con diversos listados florísticos de la región (Cabrera-Cano *et al.* 1982, Téllez-Valdés *et al.* 1987, Téllez-

Valdés *et al.* 1989, Ibarra-Manríquez *et al.* 1995, Vester y Navarro-Martínez 2007, SEMARNAT 2009, Duno de Stefano *et al.* 2018). Se contó con el apoyo en campo de un guía con conocimiento de las plantas y sus nombres en maya. La estandarización de los nombres científicos se realizó mediante la consulta en los portales de The International Plant Names Index (IPNI 2016), The World Flora Online (WFO 2024) y Tropicos.org. (Missouri Botanical Garden 2024).

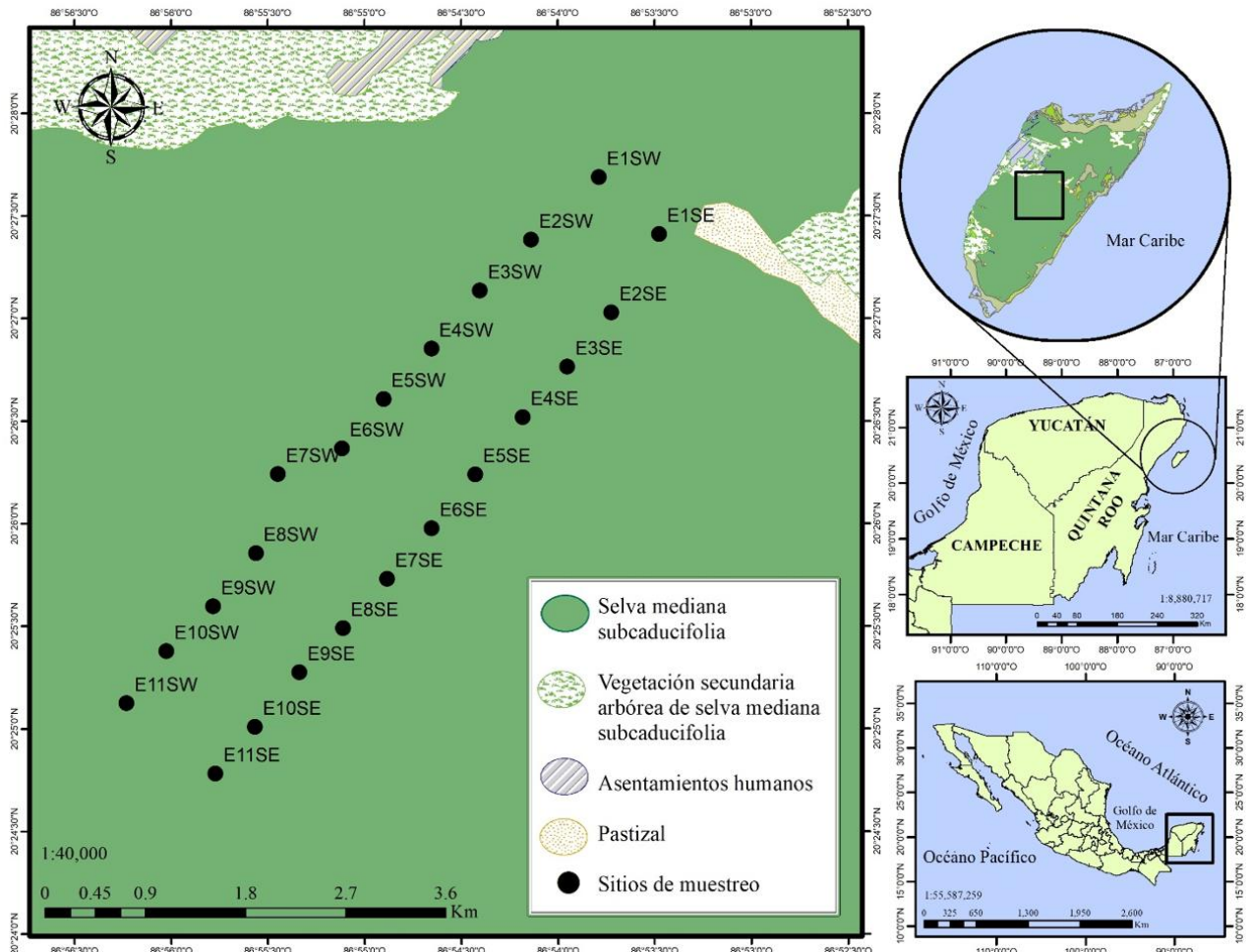


Figura 1. Isla de Cozumel, Quintana Roo, México donde se muestra el área de selva mediana subcaducifolia sobre la que se ubicaron los sitios de muestreo. Conjunto de datos vectoriales, uso de suelo y vegetación a escala 1:250 000, serie 7, INEGI 2018-2021.

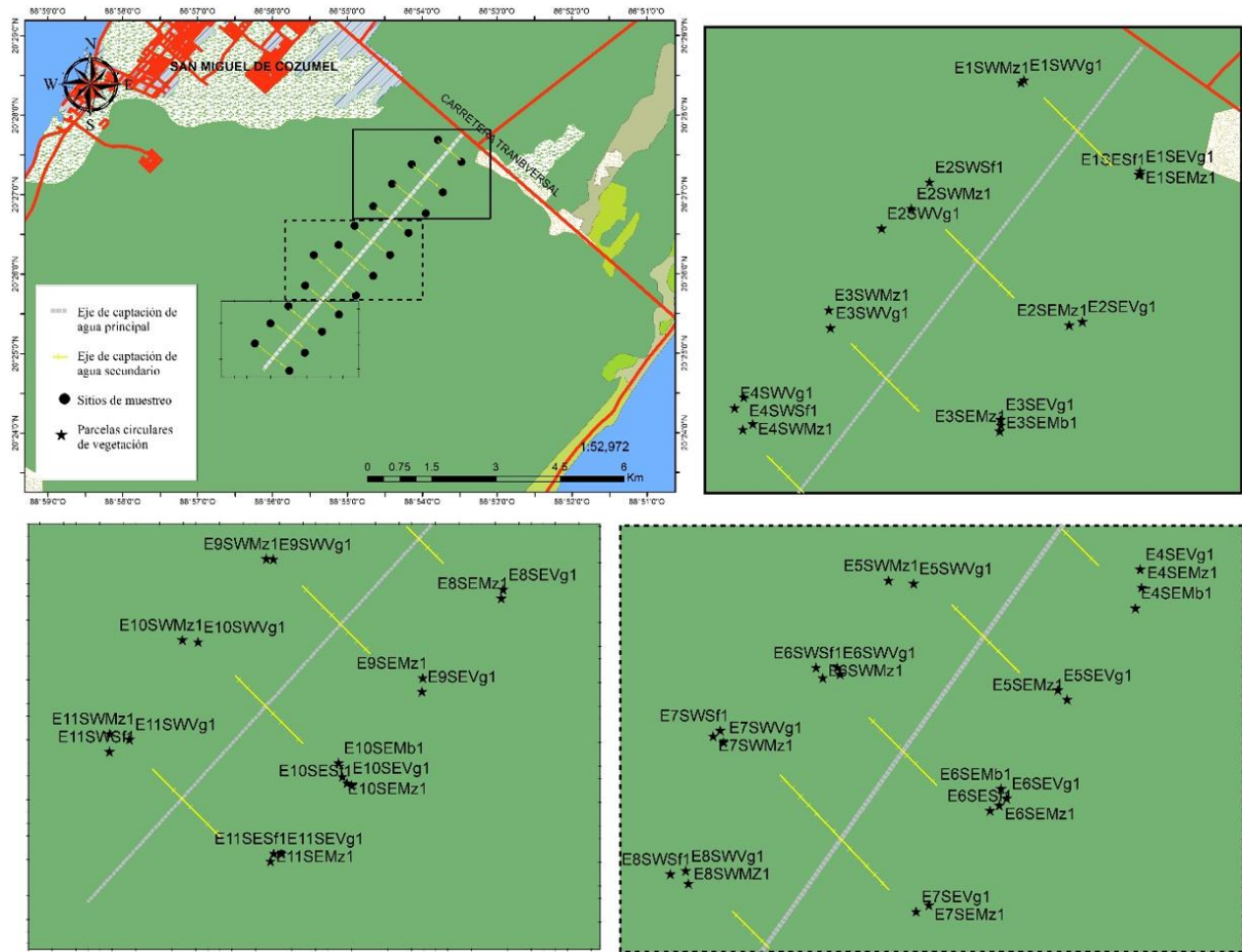


Figura 2. Mapa de las parcelas de vegetación circulares y la disposición de los ejes de captación de agua principales (escala 1: 53 000, panel superior derecho) y secundarios (escala 1: 11 237) de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México. La posición de las parcelas circulares de vegetación se indica según el margen de cada uno de los paneles inferiores y superior derecho. Las literales intermedias de cada código, se refieren a la orientación de cada eje (SW = suroeste; SE = sureste). (Conjunto de datos vectoriales, uso de suelo y vegetación a escala 1:250 000, serie 7, INEGI 2018-2021).

Análisis

En la determinación de los parámetros estructurales de la vegetación, los valores del *DN* y del área basal se utilizaron para la estimación de la dominancia, densidad relativa y absoluta e índice de valor de importancia (*IVI*) de las especies arbóreas registradas, de acuerdo con las fórmulas empleadas por Mostacedo y Fredericksen (2000) y Zarco-Espinosa et al. (2010). Para establecer las categorías diamétricas y de altura, así como los valores de amplitud del intervalo se utilizaron las fórmulas propuestas por Sturges (1926).

$$\text{Área basal } AB = \frac{\pi}{4} \times DN^2$$

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta de la especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta de la especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{Índice de valor de importancia IVI} \\ = \text{Dominancia relativa} + \text{densidad relativa} + \text{frecuencia relativa} \end{aligned}$$

Se determinó, la equidad de Pielou y el índice de Shannon-Wiener a partir de datos de riqueza y abundancia específica de cada una de las unidades de muestreo, considerando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Diversidad de Shannon – Wiener } H' = -\sum p_i \ln p_i$$

p_i = abundancia relativa de cada especie

$$\text{Equidad de Pielou } J' = H' / \ln S$$

Donde: H' = Diversidad de Shannon-Wiener, y S = Número total de especies presentes.

Este análisis permitió determinar la diversidad alfa de la comunidad arbórea que compone a las SMSC de Cozumel. Para analizar las semejanzas o diferencias en la estructura de la vegetación entre los sitios analizados, así como los agrupamientos que pudieran surgir entre éstos, se realizó un análisis de conglomerados con el Multi-Variate Statistical Package (MVSP) versión 3.1. La matriz de similitud fue obtenida a partir del método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), utilizando los promedios de las siguientes variables correspondientes a cada parcela de vegetación: índice de diversidad de Shannon, equidad, riqueza de especies, densidad de individuos arbóreos por parcela, área basal, promedio de la altura y promedio del DN .

RESULTADOS

Composición florística

Se registraron 3 680 individuos correspondientes a 25 familias, 42 géneros y 49 especies. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae con ocho especies registradas; Polygonaceae y Sapotaceae con cinco especies cada una; y Myrtaceae con cuatro especies. En conjunto, estas familias conformaron casi el 45% del total de especies encontradas. A nivel de género, los taxa más diversos fueron *Coccoloba* (4 especies), *Caesalpinia* (2 especies), *Guettarda* (2 especies) y *Sideroxylon* (2 especies). En cuanto a los endemismos, se registraron siete especies endémicas de la provincia biótica Península de Yucatán (Tabla 1).

Como parte de la composición florística de la SMSC también se registró a la especie *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, si bien no se encuentra entre las especies dominantes o con mayor IVI de la estructura horizontal de este tipo de selva, es una especie catalogada como amenazada (A) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 1. Especies endémicas de la provincia biótica Península de Yucatán registradas en la SMSC de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México.

Familia	Especie	Nombre común	Distribución	Referencias bibliográficas
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	Pomol che'	Camp., Q. R., Yuc., Bel., Gua.	Carnevali <i>et al.</i> 2010. Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1995.
Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidifolia</i> Standl.	Nance blanco, sak paj	Camp., Q. R., Yuc., Bel., Gua., Isla Providencia	Carnevali <i>et al.</i> 2010. Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1995.
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl.	Boob ch'iich'	Camp., Q.R., Yuc.	Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1995.
Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i> Hemsl.	Cruz k'iix	Camp., Q. R., Yuc.	Carnevali <i>et al.</i> 2010. Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1995.
Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i> (Standl.) Lundell	Wayuum	Camp., Q.R., Yuc.	Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1995.
	<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	K'an chuunup	Camp., Q. R., Yuc., Bel., Gua.	Carnevali <i>et al.</i> 2010. Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1995.
Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	Sibul	Camp., Q. R., Yuc., Bel., Gua.	Carnevali <i>et al.</i> 2010. Ibarra-Manríquez <i>et al.</i> 1995.

Camp.: Campeche, Q.R.: Quintana Roo, Yuc.: Yucatán, Bel.: Belice, Gua.: Guatemala.

Estructura vertical de la vegetación arbórea

La altura total promedio, de la selva mediana subcaducifolia analizada fue de 7.5 m. El intervalo de altura fue de 3-13 m y se establecieron 12 categorías siguiendo a la regla de Sturges (Tabla 2), la categoría de altura con más individuos fue la de 7.5-8.3 m.

Tabla 2. Categorías de altura de la comunidad arbórea de la SMSC de la isla de Cozumel, Quintana Roo, Mexico.

Categorías de altura (m)	Número de individuos
3-3.8	4
3.9-4.7	43
4.8-5.6	204
5.7-6.5	678
6.6-7.4	655
7.5-8.3	1 081
8.4-9.2	698
9.3-10.1	231
10.2-11	63
11.1-11.9	10
12-12.8	10
12.9-13.7	3

Las especies con los valores máximos de altura fueron *Manilkara zapota* (L.) P. Royen y *Sideroxylon foetidissimum* Jacq., ambas representantes de la familia Sapotaceae. Mientras que las especies *Calyptanthus pallens* Griseb. *Gymnanthes lucida* Sw. y *Bursera simaruba* (L.) Sarg. reportaron los valores menores de altura. Las categorías de alturas con valores de altura intermedios representaron la mayor densidad de individuos, es decir que, el 84.5% de los árboles se distribuyeron en cuatro categorías de altura: 5.7-6.5 m, 6.6-7.4 m, 7.5-8.3 m y 8.4-9.2 m, como se muestra en la Figura 3.

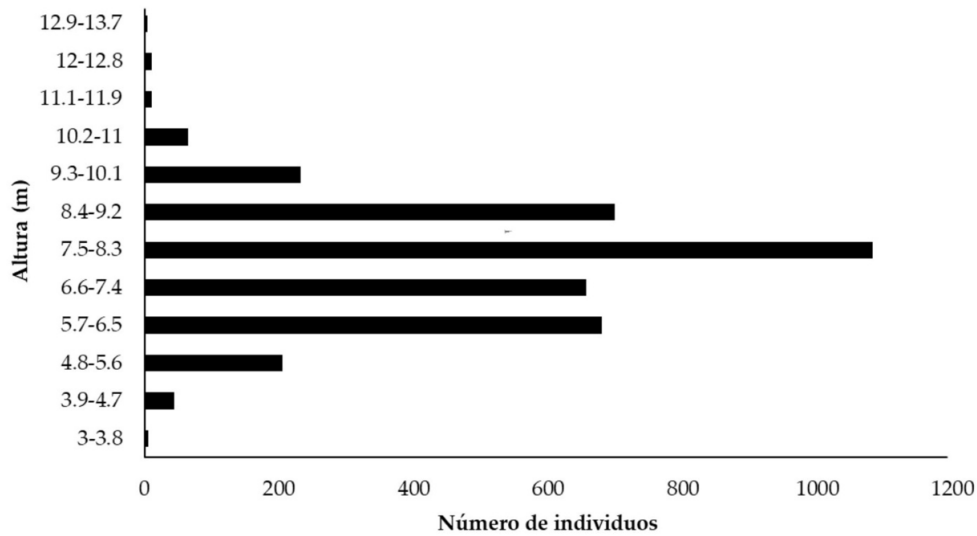


Figura 3. Categorías de altura de los individuos arbóreos de la SMSC de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México.

Estructura horizontal de la vegetación arbórea

El valor promedio de *DN* de la comunidad arbórea fue de 17.31 cm; los valores máximo y mínimo fueron de 71.3 y 10.3 y cm, respectivamente. Con base en ello se establecieron 12 categorías diamétricas (Tabla 3), aquella con el mayor número de individuos fue la de 10.1-15 cm; mientras que la categoría de 60.1-65 cm no tuvo representación. La mayoría de los individuos se agrupó en las categorías de 10.1-15 cm y 15.1-20 cm, con disminución de individuos conforme los valores de diámetro incrementaban. En este sentido, los datos de diámetro describieron un comportamiento de J invertida, tal como se evidencia en la Figura 4. Las especies arbóreas que reportaron los valores máximos de *DN* fueron *Manilkara zapota*, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y *Sideroxylon foetidissimum*. En contraste, la representatividad de especies arbóreas en la categoría con los valores menores de diámetro fue alta, el total de especies registradas, presentan individuos con diámetros mayores de 15 cm.

Las especies con mayor *IVI* (Tabla 4) fueron *Metopium brownei* (Jacq.) Urb., *Manilkara zapota*, *Gliricidia sepium*, *Neea psychotrioides* Donn. Sm., *Vitex gaumeri* Greenm. y *Bursera simaruba*. Las especies más frecuentes, en orden descendente, fueron *Manilkara zapota*, *Neea psychotrioides*, *Metopium brownei*, *Gliricidia sepium* y *Bursera simaruba*. Mientras que las especies que registraron los mayores valores de densidad fueron *Gliricidia sepium*, *Neea psychotrioides*, *Guettarda elliptica*, *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri* Greenm., *Vitex gaumeri*, *Coccoloba cozumelensis* Hemsl., *Diospyros verae-*

crucis (Standl.) Standl. y *Caesalpinia mollis* (Kunth) Spreng. La comunidad arbórea estuvo claramente dominada por las especies *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Gliricidia sepium*; seguidas por *Vitex gaumeri*, *Neea psychotrioides* y *Caesalpinia gaumeri*.

Tabla 3. Categorías diamétricas de la comunidad arbórea de la SMSC de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México.

DN (cm)	Número de individuos
10.1-15	1 794
15.1-20	986
20.1-25	466
25.1-30	206
30.1-35	110
35.1-40	61
40.1-45	23
45.1-50	18
50.1-55	8
55.1-60	3
60.1-65	0
65.1-70	4
70.1-75	1

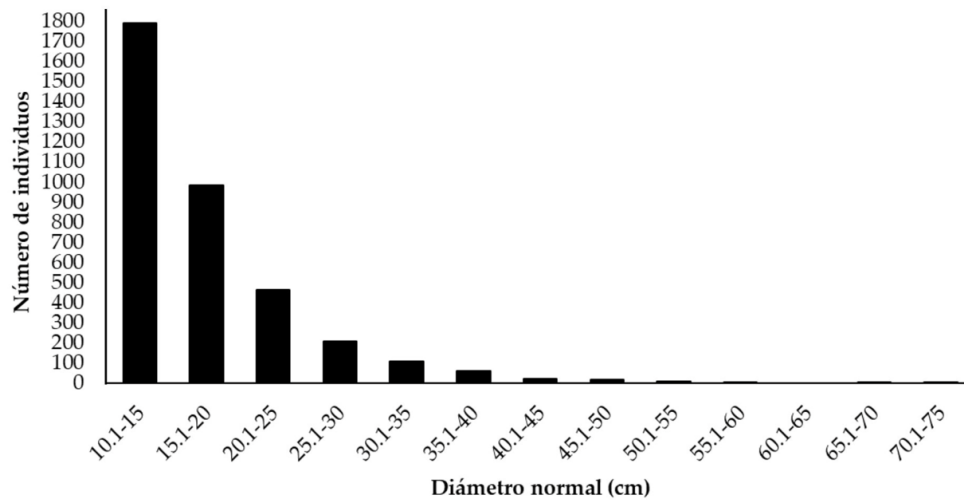


Figura 4. Categorías diamétricas de los individuos arbóreos de la SMSC de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México.

Riqueza, diversidad y equidad

En promedio, la diversidad obtenida entre los sitios fue de $H' = 2.4$, la equidad de 0.85 y la riqueza de 17.4 especies. Al realizar el análisis por parcela, se determinó que se encontraron los mayores valores de diversidad en las asignadas como E8SE y E7SE ($H'_{max} = 2.63$); mientras que las de menor diversidad fueron las E4SW y E6SE ($H'_{min} = 2.11$). Los valores de equidad promedio más frecuentes

se encontraron entre 0.82 a 0.91 y en general el promedio de especies presentes con estos valores de equidad correspondió a un rango de entre 16 a 20 (Tabla 5).

Tabla 4. Especies arbóreas con mayor IVI de la SMSC de la isla de Cozumel, Quintana Roo, México.

Especie	IVI
<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb.	39.49
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	38.54
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	32.06
<i>Neea psychotrioides</i> Donn. Sm.	15.65
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	12.51
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	11.92
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	11.20
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	10.79
<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl.	10.32
<i>Diospyros verae-crucis</i> (Standl.) Standl.	9.48

IVI: Índice de Valor de Importancia

En promedio, la altura máxima de los organismos analizados fue de 8.25 m, mientras que la mínima fue de 6.63. De manera semejante a la altura, se observó escasa variación en la densidad de los individuos en el área estudiada, la cual presentó un rango de 0.06 a 0.1 individuos/m². Los promedios de *DN* en las parcelas orientadas hacia el sureste presentaron un gradiente ascendente, conforme el análisis se alejó de la carretera transversal de Cozumel y se hizo más interior, tuvo un rango de 14.84 cm en la parcela uno, hasta 20.9 cm, en la diez.

Este mismo gradiente se observó en el área basal (*AB*) porque las parcelas más cercanas a la carretera transversal y orientadas al sureste, tuvieron un *AB* mínima de 9.14, mientras que las más interiores presentaron máximos de 25.25 m² (Tabla 5). En las parcelas orientadas hacia el suroeste, no se observó un gradiente claro en los valores de *DN* y *AB*, porque éstos presentaron escasa variación y fueron menores a 17.76 cm de *DN* y 17.42 m² de *AB*.

A partir del análisis de clúster, los sitios se agruparon en dos conglomerados, A y B (Figura 5). El conglomerado A se integra por siete sitios, geográficamente la mayoría de estos sitios se ubicaron hacia el sureste del área de estudio, además se caracterizaron porque su vegetación presenta, comparativamente con los demás sitios, los mayores valores promedio de diversidad, riqueza, área basal, altura y *DN*.

El grupo B se integra por la gran mayoría de los sitios estudiados, la ubicación de éstos se orienta hacia el suroeste. Por los valores presentados en la Tabla 5, es posible observar que estos sitios poseen valores de diversidad, riqueza, área basal, altura y *DN* menores a los reportados para el grupo A. Dentro del grupo B, se integra además un pequeño grupo conformado por los sitios E1SE y E1SW (grupo B2): ambos sitios presentaron los valores más bajos de diversidad, riqueza, densidad de individuos, altura, *DN* y el mínimo valor de área basal de entre todos los sitios estudiados. Cabe mencionar que E1SE y E1SW son los sitios más cercanos a la carretera Transversal,

una de las vialidades más importantes de la isla con base en sus dimensiones y flujo vehicular, pues conecta a la misma de costa a costa.

Tabla 5. Valores promedio de las variables utilizadas para el análisis de clúster de los sitios de muestreo.

Grupo	Sitio	\bar{x} índice de Shannon	\bar{x} de la equidad	\bar{x} de la riqueza	\bar{x} de la densidad de individuos	\bar{x} del área basal (m ²)	\bar{x} de la altura (m)	\bar{x} del DN (cm)
B	E1SE	2.47	0.89	16.33	0.07	9.14	6.76	14.84
B	E1SW	2.25	0.83	15	0.07	9.61	7.06	15.76
B	E2SE	2.49	0.91	15.50	0.07	12.97	6.63	16.43
B	E2SW	2.37	0.83	17.33	0.1	13.00	7.29	14.98
B	E3SE	2.59	0.89	18.33	0.07	13.02	7.75	16.83
B	E3SW	2.46	0.88	16.50	0.07	11.88	7.75	16.14
B	E4SE	2.53	0.86	19.33	0.11	14.80	7.63	15.2
B	E4SW	2.11	0.78	16	0.09	15.95	7.43	16.84
B	E5SE	2.39	0.89	15	0.06	11.09	7.5	17.01
A	E5SW	2.53	0.82	21.5	0.13	19.38	6.91	15.66
A	E6SE	2.12	0.78	15.75	0.09	21.19	7.59	19.2
B	E6SW	2.52	0.89	17.25	0.1	15.94	7.61	15.98
A	E7SE	2.59	0.88	19	0.1	25.25	8.25	19.36
B	E7SW	2.51	0.9	16.67	0.08	14.67	7.5	17.26
A	E8SE	2.63	0.89	20	0.08	24.22	8.17	20.83
B	E8SW	2.48	0.84	19	0.09	14.92	7.4	16.03
A	E9SE	2.5	0.83	20.5	0.09	19.96	7.95	18.61
B	E9SW	2.47	0.9	15.5	0.06	13.18	8.02	17.76
A	E10SE	2.38	0.82	18.25	0.1	29.21	8.02	20.96
B	E10SW	2.22	0.8	16.5	0.07	12.29	7.49	16.75
A	E11SE	2.44	0.84	19	0.09	25.39	8.11	20.2
B	E11SW	2.33	0.85	15.67	0.09	17.42	7.5	17.45

\bar{x} promedio de cada variable por parcela.

DISCUSIÓN

El número de especies de árboles registrado en la selva mediana subcaducifolia de la isla de Cozumel es considerable debido a que representaron el 13.9% de las especies reportadas para el estado de Quintana Roo, México (Ibarra-Manríquez *et al.* 1995). Se debe considerar que la superficie de la isla representa el 1% de la superficie total del estado. Además, el área de selva con que cuenta este último es de aproximadamente 33 819.48 km² (INEGI 2021), equivalente al 75.6% de su territorio; mientras que la superficie de la selva isleña es de 310 km² (Cuarón *et al.* 2004). Al momento, no existen estudios que mencionen la existencia de árboles endémicos en Cozumel, aunque sí la presencia de especies así de la Península de Yucatán. Durante este trabajo, se reportaron siete especies endémicas de la región con base en los trabajos de Ibarra-Manríquez *et al.* (1995) y Carnevali *et al.* (2010). Existe discrepancia entre ambos estudios sobre el reconocimiento

de ciertas especies como endémicas debido a que Ibarra-Manríquez *et al.* (1995) reconoce como endémicas a *Exothea diphylla* y *Coccoloba cozumelensis* Hemsl., sin embargo, para Carnevali *et al.* (2010) no lo son. La mayoría de las especies registradas aquí, presentan adaptaciones morfofisiológicas para enfrentar el estrés hídrico, salino y condiciones de marcada estacionalidad. Por ello, especies de las familias Fabaceae, Polygonaceae, Mayrtaceae y Sapotaceae fueron las mejor representadas en la comunidad arbórea.

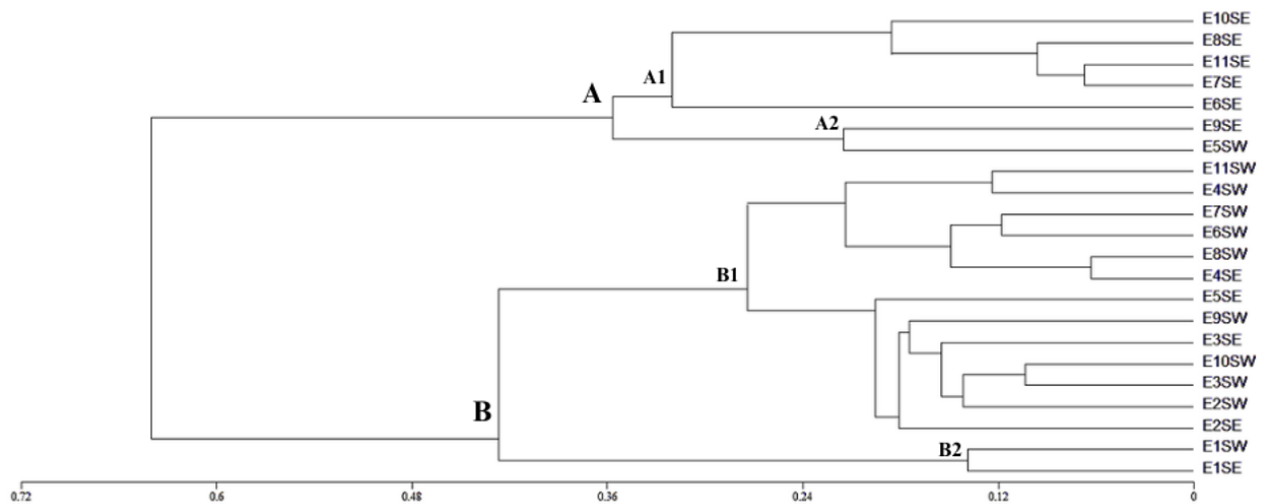


Figura 5. Dendrograma de los sitios de muestreo derivado del análisis de agrupamientos UPGMA a partir de la diversidad, equidad, riqueza de especies, densidad de individuos arbóreos por parcela, área basal, altura y *DN*.

La composición de la comunidad arbórea de la SMSC de Cozumel es muy parecida a la de las selvas tropicales secas del continente (Sánchez-Sánchez *et al.* 2007, Zamora-Crescencio *et al.* 2008, Zamora-Crescencio *et al.* 2017, Gutiérrez-Báez *et al.* 2018, Zamora-Crescencio *et al.* 2020), particularmente a las comunidades vegetales que integran las selvas tropicales del sureste de México (Sánchez-Sánchez e Islebe 2002) las cuales suelen establecerse sobre sitios con suelos con buen drenaje, profundidades de 10 a 17 cm de perfil, coloración del suelo café a negruzco, con lajas de roca expuesta por arriba del 50 % y una delgada capa de materia orgánica. Además, cabe mencionar que durante este estudio sólo se consideraron los individuos con un *DN* \geq 10 cm y con base en observaciones directas en campo se sabe que en la SMSC de la isla existen especies arbóreas cuyos *DN* no están tan desarrollados inclusive de individuos adultos, como son: *Gymnopodium floribundum* Rolfe, *Eugenia foetida* Pers., *Eugenia axillaris* Willd., *Colubrina arborescens* Sarg.; por mencionar algunas. De tal manera que hubo especies que no fueron contempladas en la composición florística debido a sus bajos valores de *DN*, por lo que la riqueza de especies arbóreas que alberga la SMSC de Cozumel es probablemente mayor.

Al comparar las especies registradas en este estudio con las enlistadas en los de Téllez-Valdés y Cabrera-Cano (1987) y el de Flores-Guido (1983), se encontraron los siguientes nuevos registros para la isla: *Ficus obtusifolia* Kunth, *Exothea diphylla* (Standl.) Lundell, *Simarouba glauca* DC., *Krugiodendron ferreum* (Vahl) Urb., *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f., *Tabebuia chrysantha* y *Erythroxylum rotundifolium* Lunan.

Sin embargo, existen diferencias en la estructura entre las comunidades arbóreas de la isla y las del continente. El promedio de altura observado (7.5 m) coincide con aquella mencionada para la SMSC del sur de Yucatán que es de 5 a 7.9 m (Zamora-Crescencio *et al.* 2008) y con la reportada de 3 a 9 m para la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo en un estado de desarrollo mayor a 30 años (Carreón-Santos y Valdez-Hernández 2014); pero difiere de la observada en las SMSC de Campeche de 2 a 4.9 m (Zamora-Crescencio *et al.* 2017, Zamora-Crescencio *et al.* 2020) donde se encuentra por debajo de los valores promedio observados aquí. Cabe mencionar que también se observaron diferencias en cuanto a la máxima altura alcanzada: en Cozumel fue de 13 m, únicamente alcanzada por las especies *M. zapota* y *S. foetidissimum*, mientras que en las SMSC de la parte continental un mayor número de especies logran alturas máximas mayores a los 17 m (Zamora-Crescencio *et al.* 2017).

En lo que respecta a los valores de *DN*, los resultados del análisis de distribución diamétrica coincidieron con los hallazgos obtenidos por Carreón-Santos y Valdez-Hernández (2014), Zamora-Crescencio *et al.* (2017) y Zamora-Crescencio *et al.* (2020), pues la mayoría de los individuos arbóreos en todas las especies registradas se distribuyeron en las categorías diamétricas menores y su frecuencia disminuye hacia las categorías con valores mayores, describiendo un comportamiento de "J" invertida. Esto podría ser evidencia de que en la comunidad arbórea de la SMSC de la isla de Cozumel ocurre un proceso de establecimiento, crecimiento y recambio de individuos jóvenes de árboles lo cual podría responder a un continuo grado de perturbación. Sin embargo, en los sitios estudiados es poca o casi nula la intervención antrópica por lo que una posible explicación para lo obtenido es la perturbación de origen natural que causa el paso de huracanes y tormentas tropicales durante la época de junio a noviembre.

Según Navarro-Martínez *et al.* (2016), el disturbio producido por un huracán afecta la dinámica de las comunidades vegetales pues provocan un incremento en las tasas de mortalidad, reclutamiento y crecimiento de las poblaciones, por lo tanto, pueden modificar su composición y estructura. Islebe *et al.* (2009), mencionan que los principales daños que causan los huracanes a la vegetación son el desenraizamiento de los árboles, defoliación y el corte de las copas. Además, Sánchez-Sánchez e Islebe (1999) añaden que también provocan una disminución del área basal debido a un decremento en la densidad de individuos, disminución del 70% de la cobertura y ligera disminución de la riqueza específica de las especies vegetales tal como se documentó tras el paso del huracán Gilberto en la porción norte del estado de Quintana Roo, México.

Para el caso particular de Cozumel, los huracanes de mayor intensidad que han impactado a la isla recientemente son Gilberto en 1988 y Wilma en 2005, y de menor intensidad Zeta y Delta durante el 2020 y Grace en el 2021; estos fenómenos podrían significar un factor importante de disturbio natural para la vegetación de la SMSC de la isla, ya que sus efectos podrían verse reflejados en alturas y diámetros bajos (Dunphy *et al.* 2000, Bloem *et al.* 2006).

Las especies con mayor valor de *IVI* para la SMSC de Cozumel reportadas en el presente estudio, coinciden con las especies reportadas por Carreón-Santos y Valdez-Hernández (2014) para una selva mediana subperennifolia de Quintana Roo bajo una condición de desarrollo de 24 o 33 años. La estructura del componente arbóreo refleja un estado sucesional joven en función de la riqueza

de especies arbóreas y los gremios ecológicos a los que pertenecen las especies dominantes, las especies *M. brownei*, *G. sepium* y *M. zapota*, fueron por mucho, las especies leñosas con mayor *IVI*.

En función de los gremios ecológicos de los distintos estados sucesionales de la selva mediana de Quintana Roo, Sanchez-Sánchez *et al.* (2007) clasifican a *M. brownei* y *G. sepium* como especies heliófitas durables o gremio de sol, es decir que son especies que se establecen bajo el dosel pero que necesitan de claros que permitan la incidencia de los rayos solares para continuar su crecimiento (Hartshorn 1980), son de vida relativamente larga, pueden tener un crecimiento entre rápido y regular logrando alcanzar grandes dimensiones diamétricas y de altura. Por su parte, *M. zapota* es clasificada dentro del gremio de especies esciófitas parciales o gremio de sol parcial y son aquellas especies que se desarrollan en la sombra, pero requieren de luz para pasar a la etapa final de su desarrollo (Finegan 1996, Sánchez-Sánchez *et al.* 2007). Esto podría dar una aproximación del grado de conservación y madurez de la SMSC de la isla de Cozumel, pues la dominancia de estos gremios ecológicos en la composición y estructura de este tipo de vegetación señalan un buen estado de conservación.

Tanto las especies heliófitas durables como las esciófitas parciales requieren en alguna de sus etapas de desarrollo de una buena cobertura del dosel y de individuos adultos que les provean las condiciones de sombra necesarias para su establecimiento. Sin embargo, también es importante señalar que los disturbios que promueven la aparición de claros y la incidencia de los rayos solares favorecen el establecimiento de las heliófitas durables. Por otra parte, la presencia de *M. zapota* como especie dominante, aunado a que la familia Sapotaceae fue de las más diversas registradas durante este estudio podría explicarse por la gran capacidad de las sapotáceas para resistir las elevadas concentraciones de carbonatos y sulfatos del suelo que caracterizan a los suelos cársticos de la Península de Yucatán. Por otro lado, poseen una fisiología adaptada a metabolizar el calcio, además de que su látex les permite soportar la aridez fisiológica provocada por los sulfatos del suelo (Martínez y Galindo-Leal 2002). Respecto a la riqueza y diversidad que registra la SMSC de la isla de Cozumel, los valores obtenidos de cada una de estas variables son muy similares entre todos los sitios estudiados. Comparativamente con otros estudios realizados en sitios de SMSC o subperennifolia de la Península de Yucatán, cuyos valores de riqueza y diversidad fueron de 34 especies y 2.72, respectivamente (Zamora-Crescencio *et al.* 2017), en la SMSC de la isla de Cozumel, la riqueza es mayor (49 especies) y la diversidad menor (2.4).

Derivado del análisis de conglomerados, fue evidente la agrupación de los sitios estudiados en dos grupos. Especialmente, el grupo que presentó mayores valores de área basal y diámetro se ubica hacia el centro de la isla y en la porción más lejana de la carretera Transversal; esta carretera es de las más importantes de la ínsula debido a sus dimensiones, al flujo vehicular y a que permite la comunicación entre la costa oriental y occidental de la isla de Cozumel. Esta distribución espacial de los sitios de estudio y de las características de su vegetación suele explicarse por diferencias en las variables del medio físico como edáficas, climáticas (porcentaje de humedad) e hídricas (disponibilidad de agua en los suelos); Martínez y Galindo-Leal (2002) consideran que las características del suelo, altamente influenciado por la topografía, representan variables que determinan el mosaico de asociaciones vegetales.

CONCLUSIONES

La comunidad arbórea de los bosques tropicales secos de la región de la Península de Yucatán es muy diversa y dinámica, aún faltan muchos estudios que contribuyan al conocimiento de este tipo de vegetación. A partir de este trabajo fue posible evidenciar que la comunidad arbórea de la SMSC de Cozumel presenta semejanzas en su composición con las selvas tropicales secas de la porción continental de la región de la Península de Yucatán, pero no ocurre así en cuanto a su estructura vertical y horizontal. Adicionalmente existen diferencias en la estructura, composición florística y diversidad de la vegetación de SMSC de los sitios estudiados debido a la heterogeneidad a escala fina del medio físico de la isla. Se inventariaron 49 especies, siete de ellas endémicas de la Península de Yucatán; las familias mejor representadas fueron Fabaceae, Polygonaceae, Mayrtaceae y Sapotaceae, las cuales están adaptadas para hacer frente a estrés hídrico, salino y condiciones de marcada estacionalidad. Se obtuvo evidencia de una selva mediana subcaducifolia con una composición florística de su comunidad arbórea diversa, con valores de índice de Shannon-Wiener de 2.11 a 2.63, equidad elevada y en un continuo proceso de establecimiento, crecimiento y recambio de individuos jóvenes, según la distribución en las categorías diamétricas analizadas. Es necesario continuar realizando estudios de las selvas tropicales secas que permitan conocer su diversidad florística y la dinámica de sus comunidades vegetales, siendo uno de los tipos de vegetación más amenazados en México y el mundo. Una mejor comprensión de la dinámica de sus comunidades y el conocimiento de la riqueza de este tipo de selvas tropicales secas contribuirá con la generación de estrategias y acciones para su conservación y el aprovechamiento sustentable de sus especies.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Colegio de la Frontera Sur y a CONAHCYT por proporcionar el financiamiento que hizo posible este trabajo. A la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo por proporcionar sus instalaciones durante las fases del procesamiento y análisis de los datos. Reconocemos y agradecemos el valioso apoyo proporcionado por E. Ucan Ek y J. C. Uh Moo durante el trabajo de campo y la identificación de las especies; así como el de F. Antonioli y K. González Ortega Gamboa por el apoyo en campo durante la obtención de datos. A los revisores y al personal encargado de la edición agradecemos el tiempo dedicado a la revisión y mejora de este trabajo.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

La información complementaria se adjuntó en la plataforma de la revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios con base en lo señalado por los lineamientos para autores.

LITERATURA CITADA

- Almazán-Núñez RC, del Coro AM, Eguiarte LE, Corcuera P (2012) Changes in composition, diversity, and structure of woody plants in successional stages of tropical dry forest in southwest Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 1096-1109. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.4>
- Bloem VSJ, Lugo AE, Murphy PG (2006) Structural response of Caribbean dry forests to hurricane winds: a case study from Guánica Forest, Puerto Rico. *Journal of Biogeography* 33: 517-523. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01450.x>
- Cabrera-Cano EF, Sousa-Sánchez M, Téllez-Valdés O (1982) Imágenes de la flora quintanarroense. Centro de Investigaciones de Quintana Roo e Instituto de Biología, UNAM. México. 223p.
- Carnevali FCG, Tapia-Muñoz JL, Duno de Stefano R, Ramírez-Morillo MI (2010) Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C., Yucatán, México. 326p.
- Carreón-Santos RJ, Valdez-Hernández JI (2014) Estructura y diversidad arbórea de la vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20(1): 119-130. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.06.023>
- Ceballos G, García A (1995) Conserving neotropical biodiversity: The role of dry forests in western Mexico. *Conservation Biology* 9(6): 1349-1356. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09061349.x>
- Cuarón AD, Martínez-Morales MA, Mcfadden KW, Valenzuela-Galván D, Gompper ME (2004) The status of dwarf carnivores on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 13: 317-331. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000006501.80472.cc>
- CONABIO (2024) Biodiversidad mexicana. Selvas secas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaSeca>. Fecha de consulta: 1 de abril de 2024.
- Del Río M, Montes F, Cañellas I, Montero G (2003) Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 12(1): 159-176. <https://doi.org/10.5424/795>
- Dexter KG, Pennington RT, Oliveira-Filho AT, Bueno ML, Silva de Miranda PL, Neves DM (2018) Inserting tropical dry forests into the discussion on biome transitions in the tropics. *Frontiers in Ecology and Evolution* 6: 104. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00104>
- Duno-de Stefano R, Ramírez-Morillo IM, Tapia-Muñoz JL, Hernández-Aguilar S, Can LL, Cetzal-Ix W, Méndez-Jiménez N, Zamora-Crescencio P, Gutiérrez-Báez C, Carnevali-Fernández-Concha G (2018) Aspectos generales de la flora vascular de la Península de Yucatán, México. *Botanical Sciences* 96(3): 515-532. <https://doi.org/10.17129/botsci.1868>
- Dunphy BK, Murphy PG, Lugo AE (2000) The tendency for trees to be multiple-stemmed in tropical and subtropical dry forests: studies of Guanica forest, Puerto Rico. *Tropical Ecology* 41(2): 161-167.
- Dzib-Castillo B, Chanatásig-Vaca C, González-Valdivia NA (2014) Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1): 167-178. <https://doi.org/10.7550/rmb.38706>
- FAO (2004) Inventario forestal nacional. Manual de campo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Programa de Evaluación, documento de trabajo 94/S, Guatemala. 89p.
- Finegan B (1996) Review. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11(3): 119-124. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)81090-1](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)81090-1)
- Flores-Guido JS (1983) Vegetación insular de la Península de Yucatán. *Botanical Sciences* 45: 23-37. <https://doi.org/10.17129/botsci.1296>

- Guerra-Martínez F, Arturo García-Romero A, Martínez-Morales MA (2020) Evaluación de la resiliencia ecológica de los bosques tropicales secos: una aproximación multiescalar. *Madera y Bosques* 26(3): e2631983. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2631983>
- Gutiérrez-Báez C, Pech-Chan S, Noriega-Trejo R y Zamora-Crescencio P (2018) Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de San Antonio Cayal, Campeche, México. *Foresta Veracruzana* 20(1). 1-11.
- Hartshorn GS (1980) Neotropical forest dynamics. Supplement: Tropical Succession. *Biotropica* 12 (2): 23-30. <https://doi.org/10.2307/2388152>
- Ibarra-Manríquez G, Villaseñor JL, Durán-García R (1995) Species richness and endemism of trees of Yucatan Peninsula, Mexico. *Botanical Sciences* (57): 49-77. <https://doi.org/10.17129/botsci.1476>
- Ibarra-Manríquez G, Urrea-Galeano LA, Cortés-Flores J, Hernández-Esquivel KB, Navarrete-Segueda A, Ek-Rodríguez IL (2022) Plant community attributes of a tropical dry forest physiognomically dominated by *Heteroflorum sclerocarpum* (Fabaceae). *Botanical Sciences* 101(1): 57-75. <https://doi.org/10.17129/botsci.3054>
- INEGI (2021) Aspectos geográficos. Quintana Roo 2021. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. 35p.
- IPNI (2016) Gray Card Index in IPNI. Checklist dataset. The International Plant Names Index Collaborators. <https://doi.org/10.15468/lermgz>. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2024.
- Islebe GA, Torrescano-Valle N, Valdez-Hernández M, Tuz-Novelo M, Weissenberger H (2009) Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana* 11(1): 1-6.
- Linares-Palomino R, Oliveira-Filho AT, Pennington RT (2011) Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism, and biogeography of woody plants. In: Dirzo R, Young HS, Mooney HA, Ceballos G. (eds) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Island Press, Washington, DC: 3-21. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_1
- Martínez E, Galindo-Leal C (2002) La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Botanical Sciences* 71: 7-32. <https://doi.org/10.17129/botsci.1660>
- Mostacedo B, Fredericksen TS (2000) Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de manejo forestal sostenible (BOLFOR), editora El País, Santa Cruz, Bolivia. 87p.
- Murphy PG Lugo AE (1986) Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67-88. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.000435>
- Navarro-Martínez A, Durán-García R, Méndez-González M (2016) El impacto del huracán Dean sobre la estructura y composición arbórea de un bosque manejado en Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 18(1): 57-76. <https://doi.org/10.21829/myb.2012.1811138>
- Orellana NRF, Espadas C (2007) El clima de Cozumel y la Riviera Maya. In: Mejía-Ortiz (Ed). *Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel*. Universidad de Quintana Roo-Plaza y Valdés. México. 418p.
- Pennington RT, Lehmann ERC, Lucy M. y Rowland LM (2018) Tropical savannas and dry forests. *Current Biology* 28(9): R541-R545. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.014>
- Rzedowski J (2006) *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504p.
- Sánchez-Sánchez O, Islebe GA (1999) Hurricane Gilbert and structural changes in a tropical forest in southeastern Mexico. *Global Ecology and Biogeography* 8(1): 29-38. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00317.x>
- Sánchez-Sánchez O, Islebe GA (2002) Tropical forest communities in southeastern Mexico. *Plant Ecology*, 158: 183-200. <https://doi.org/10.1023/A:1015509832734>

- Sánchez-Sánchez O, Islebe GA, Valdez-Hernández M (2007) Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la selva mediana de Quintana Roo. *Foresta Veracruzana* 9(2): 17- 26.
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>. Fecha de consulta: 25 de abril de 2024.
- SEMARNAT (2009) Catálogo ilustrado de las especies vegetales para Quintana Roo enunciadas en la NOM-059-ECOL-94. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT-SSFNA, México. 86p.
- Sturges HA (1926) The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association* 21(153): 65-66. <https://doi.org/10.1080/01621459.1926.10502161>
- Téllez-Valdés O, Cabrera-Cano EF (1987) Listados florísticos de México. VI. Flora de la isla de Cozumel, Q. R. Universidad Autónoma de México, México. <https://www.ib.unam.mx/ib/programa-editorial/listados/>. Fecha de consulta: 20 de junio de 2024.
- Téllez-Valdés O, Cabrera-Cano EF, Linares-Mazari E y Bye R (1989) Las Plantas de Cozumel. Guía botánico turística de la Isla de Cozumel, Quintana Roo. Instituto Nacional de Biología, Universidad Autónoma de México. México. 75p.
- Trejo I, Dirzo R (2002) Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 11: 2063-2084. <https://doi.org/10.1023/A:1020876316013>
- Missouri Botanical Garden. (2024) Tropicos.org. <https://tropicos.org>. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2024.
- Trolliet F, Forget P, Doucet J, Gillet J, Hambuckers A (2017) Frugivorous birds influence the spatial organization of tropical forests through the generation of seedling recruitment foci under zoochoric trees. *Acta Oecologica* 85: 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2017.09.010>
- Vester HFM, Navarro-Martínez A (2007) Fichas ecológicas. Árboles maderables de Quintana Roo. Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del estado de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 139p.
- WFO (2024) World Flora Online. <http://www.worldfloraonline.org>. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2024.
- Zamora-Crescencio P, Barrientos MRC, Plasencia-Vázquez AH, Villegas P, Domínguez-Carrasco M del R, Gutiérrez-Báez C, et al. (2020) Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en Hobomó, Campeche, Campeche, México. *Madera y Bosques* 26(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611899>
- Zamora-Crescencio P, García-Gil G, Flores-Guido JS, Javier OJ (2008) Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del Estado de Yucatán, México. *Polibotánica* 26: 33-66.
- Zamora-Crescencio P, Rico-Gray V, Barrientos-Medina RC, Puc-Garrido EC, Villegas P, Domínguez-Carrasco M del R y Gutiérrez-Báez C (2017) Estructura y composición florística de la selva mediana subperennifolia en Bethania, Campeche, México. *Polibotánica* 43: 1-20.
- Zarco-Espinosa VM, Valdez-Hernández JL, Ángeles-Pérez G y Castillo-Acosta O (2010) Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo* 26(1): 1-17.