





## RIQUEZA Y ESTRUCTURA DE VEGETACIÓN LEÑOSA EN SELVA BAJA CADUCIFOLIA CON DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN EN EL SURESTE DE MÉXICO

 ANA MARÍA AQUINO-ZAPATA<sup>1</sup>,  JOSÉ RODRIGO CARRAL-DOMÍNGUEZ<sup>2</sup>,  
 CHRISTIAN A. DELFÍN-ALFONSO<sup>3</sup>,  CÉSAR I. CARVAJAL-HERNÁNDEZ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Comunidades Vegetales, Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Laboratorio de Vertebrados, Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

\*Autor de correspondencia: [ccarvajal@uv.mx](mailto:ccarvajal@uv.mx)

### Resumen

**Antecedentes:** La selva baja caducifolia presenta una gran riqueza florística; sin embargo, actualmente se encuentra en fragmentos degradados y los relictos bien conservados se restringen a sitios inaccesibles.

**Hipótesis:** Los fragmentos de selva con menor grado de perturbación albergan una mayor riqueza florística a diferencia de los más perturbados.

**Especies de estudio:** Vegetación leñosa

**Sitios y años de estudio:** Apazapan, Veracruz, México, 2022 y 2023.

**Métodos:** En 15 transectos de 50 × 2 m, distribuidos en tres sitios de selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación, se midió el diámetro (DAP ≥ 5 cm) y altura de especies leñosas; adicionalmente se registraron las especies de flora vascular presentes fuera de los transectos.

**Resultados:** Se registraron un total de 167 especies, incluyendo 20 endémicas y 10 en alguna categoría de riesgo. Los sitios con perturbación menor e intermedia presentaron la mayor riqueza de especies. El cambio más significativo ocurre entre sitios con perturbación intermedia y mayor. Siete especies indicadoras fueron asociadas a diferentes grados de perturbación. Los árboles más bajos se observaron en el sitio con el mayor grado de perturbación; sin embargo, no hubo diferencias en su área basal entre sitios. Las especies dominantes en la estructura de la vegetación del sitio menos perturbado pertenecen a siete familias; en el sitio más perturbado predomina Fabaceae.

**Conclusiones:** Aunque la estructura y composición cambió con las condiciones de antropización de la zona, aún se conserva una gran riqueza florística que incluye especies endémicas y con algún estatus de protección.

**Palabras clave:** Bosque seco tropical, composición florística, diversidad vegetal, especies endémicas, especies indicadoras.

### Abstract

**Background:** The tropical dry forest exhibits a high floristic richness. However, it is now found in degraded patches, and well-preserved remnants are limited to inaccessible areas.

**Hypothesis:** Fragments of tropical dry forest with less disturbance host greater floristic richness, setting them apart from the more disturbed.

**Studied species:** woody vegetation

**Study site and dates:** Apazapan, Veracruz, Mexico, 2022 and 2023.

**Methods:** In 15 transects of 50 × 2 meters, distributed across three sites of tropical dry forest with different levels of disturbance, the diameter (DBH ≥ 5 cm) and height of the woody species were measured. Additionally, all the species of vascular flora present outside the transects were recorded.

**Results:** A total of 167 species were recorded, including 20 endemics and 10 of some risk category. Sites with minor and intermediate disturbance had the highest species richness. The most significant change occurs between sites with intermediate and major disturbance. Seven indicator species associated with different levels of disturbance were identified. The shortest trees were observed in the site with the highest degree of disturbance; however, there were no differences in the basal area of trees across the three sites. The dominant species in the least disturbed site belong to seven families, at the most disturbed site, Fabaceae species are the most representative.

**Conclusions:** Although the structure and composition changed due to the anthropization of the area, a rich diversity of flora remains, including endemic species and some with protected status.

**Key words:** Tropical dry forest, floristic composition, plant diversity, endemic species, indicator species.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Los bosques tropicales estacionalmente secos del mundo se distribuyen en la franja intertropical. En el continente americano se distribuyen principalmente en países como Brasil, México, Perú y Venezuela (DRYFLOR 2016, Prieto-Torres *et al.* 2021). En México, ese tipo de vegetación se conoce como selva baja caducifolia (SBC) (Miranda & Hernández 1963) o bosque tropical caducifolio (Rzedowski 2006); y crece de manera continua en la vertiente del Océano Pacífico, mientras que en el Golfo de México crece en fragmentos aislados en estados costeros como Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Cué-Bär *et al.* 2006, Trejo 2010, Harker *et al.* 2021).

La SBC se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1,700 m, habitualmente sobre suelos rocosos y poco profundos, principalmente en climas cálidos semisecos, secos y subhúmedos, con temperatura anual promedio superior a los 20°C y con precipitaciones anuales máximas de 1,200 mm con una temporada seca que puede prolongarse entre 7 y 8 meses (Pennington & Sarukhán 2005, Trejo 2010). Aunque las comunidades de la SBC pueden variar en cada zona como resultado de distintos factores, predominan los árboles de hojas compuestas cuya altura oscila generalmente entre los 4 y 10 m con tallos cortos, ramificados cerca de la base, copas poco densas y con un periodo de defoliación que va de los cinco a los siete meses (Pennington & Sarukhán 2005, Trejo 2010).

Debido a que la SBC crece en zonas utilizadas tradicionalmente para la agricultura y la ganadería, su cobertura se ha visto severamente reducida; en la actualidad sólo quedan algunos fragmentos degradados y los relictos bien conservados se restringen a sitios inaccesibles (Bonfil & Trejo 2010). En el estado de Veracruz, la SBC se conforma por pequeños parches de vegetación en la zona centro, frecuentemente inmersa en mosaicos en que convergen vegetación primaria, vegetación secundaria y cultivos (Castillo-Campos *et al.* 2008). A pesar de la alta tasa de deforestación, los relictos de este tipo de vegetación en el estado albergan una alta diversidad y una amplia gama de endemismos de especies vegetales (Castillo-Campos *et al.* 2008, Palacios-Wassenaar *et al.* 2014, Rosales-Lara 2016).

En la zona de estudio, los trabajos en SBC se han centrado principalmente en la elaboración de listados florísticos (Acosta-Pérez 1986, Castillo-Campos *et al.* 2008, Martínez-Adriano *et al.* 2016, Rosales-Lara 2016, Alarcón-Lozano 2018). Por lo anterior, para comprender mejor la dinámica de la vegetación en estos ecosistemas sometidos a perturbación antropogénica, es importante el estudio de su estructura y composición. Ante ello, se plantearon como objetivos evaluar la riqueza y composición florística, así como la estructura de la vegetación leñosa, en fragmentos de selva baja caducifolia con diferentes condiciones de perturbación en el municipio de Apazapan, Veracruz, México.

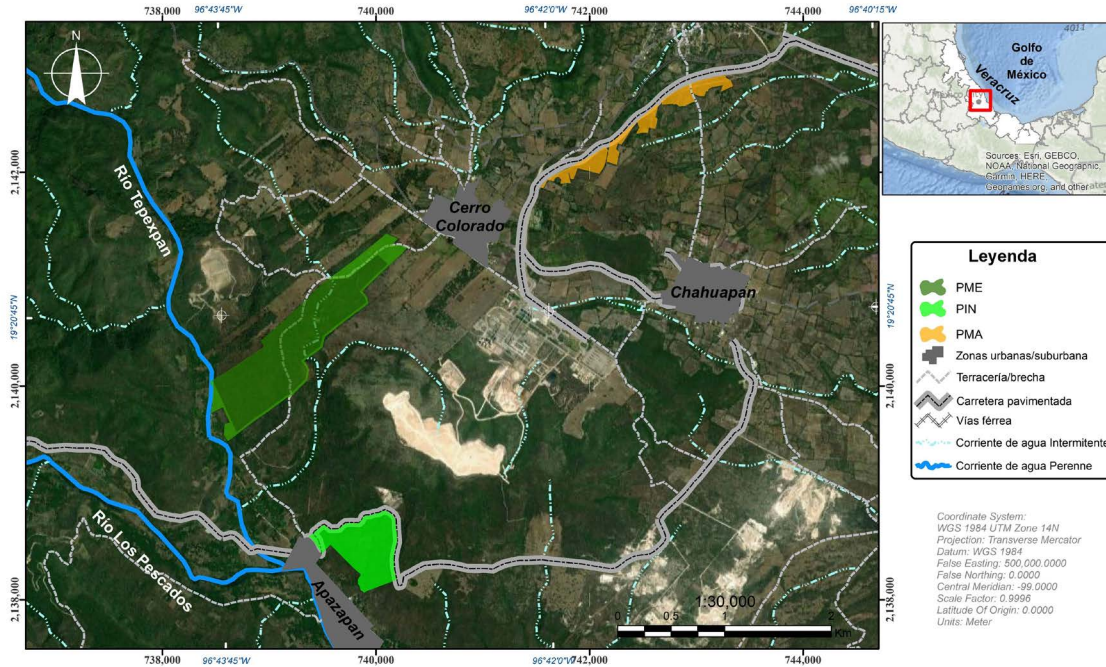
## Materiales y métodos

**Área de estudio.** El presente trabajo se realizó en tres fragmentos de vegetación de SBC con distintos grados de perturbación en el municipio de Apazapan, Veracruz, el cual se localiza en la región montañosa central del estado, en lo que corresponde a la cuenca media del río La Antigua, en la Faja Volcánica Transmexicana del sureste de México. La zona de estudio se localiza entre las siguientes coordenadas extremas: al norte, 19° 21' 40" N; al sur, 19° 19' 20" N; al este, 96° 40' 27" O; y al oeste, 96° 44' 06" O, a una altitud aproximada de 300 m snm (Figura 1). El municipio presenta un clima cálido subhúmedo Aw1(w) y Aw0(w), una temperatura media anual de 25 °C y una precipitación media anual de 1,062 mm (INEGI 2010). Los suelos predominantes son los vertisoles, leptosoles y phaeozems (INEGI 2007, WRB 2015) y el principal tipo de vegetación es la SBC, aunque también se presentan selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias, palmares y encinares tropicales (Palacios-Wassenaar *et al.* 2014, Rosales-Lara 2016). Particularmente en los sitios de muestreo predominan fragmentos de SBC bajo diferentes grados de perturbación, los cuales fueron el enfoque de este estudio y se clasificaron en tres grados de perturbación: menor, intermedia y mayor (Tabla 1).

**Diseño de muestreo.** Para evaluar la estructura de la vegetación, se seleccionó un sitio por cada grado de perturbación; y se establecieron un total de 15 transectos de 50 × 2 m (100 m<sup>2</sup> cada uno), distribuidos en cinco transectos por sitio de estudio (0.05 ha), lo que representa un área total de muestreo de 0.15 ha. En cada transecto se registraron todas las especies leñosas (árboles, arbustos y lianas) que presentaron un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 5 cm. Para cada

## Vegetación de selva baja caducifolia bajo disturbio

individuo registrado se midió el DAP y se estimó la altura con el fin de comparar la estructura entre sitios. Adicionalmente, con el propósito de elaborar un listado florístico más amplio que el obtenido en los transectos establecidos, se registraron todas las especies de plantas vasculares observadas dentro de los polígonos que delimitan cada sitio de estudio incluyendo hierbas, arbustos, epífitas, trepadoras, lianas y árboles. Las especies fueron identificadas en campo, y aquellas que no pudieron determinarse se colectaron para su identificación posterior mediante claves dicotómicas, comparación con ejemplares de herbario y consulta con especialistas. Los ejemplares fértiles colectados se encuentran depositados en el herbario del Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO) de la Universidad Veracruzana.



**Figura 1.** Ubicación de los tres fragmentos de selva baja caducifolia bajo diferentes grados de perturbación.

**Tabla 1.** Características generales de los fragmentos de selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación.

	<b>Perturbación menor (PME)</b>	<b>Perturbación intermedia (PIN)</b>	<b>Perturbación mayor (PMA)</b>
Superficie (ha)	96.22	34.58	19.99
Tala	Sin evidencia	Tala selectiva	Tala selectiva
Cobertura de dosel (%)	Mayor a 80	Entre 50 y 89	Menor a 50
Caminos internos	Abandonados	Caminos internos activos	Caminos internos activos
Impactos recientes	No visibles	Caminos vecinales	Presencia de especies de árboles de importancia comercial (mango y zapote) que provocan el ingreso constante de personas
Continuidad del fragmento	Continuo	Continuo	Superficie total dividida en 4 fragmentos vecinos

*Análisis de datos.* Se generaron curvas de rarefacción para evaluar la diversidad con respecto al esfuerzo de muestreo con un nivel de confianza del 95 %, a través del software iNEXT Online (Chao *et al.* 2016). Para evaluar las diferencias en riqueza entre sitios se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (debido a que los datos no presentaron distribución normal), con sus posteriores comparaciones pareadas de acuerdo con la prueba de Dunn, estos análisis fueron realizados en el programa Past v. 4.10 (Hammer *et al.* 2001). Además, se realizaron curvas de rango abundancia con los conteos de individuos por especie (abundancia absoluta) registrados en la superficie muestreada de cada sitio, para ello se utilizó el software Sigma Plot v. 10.0. Respecto a la composición de especies por sitio, se utilizó el índice de Whittaker para evaluar el recambio de especies entre los sitios muestreados que corresponden a los diferentes grados de perturbación de la selva baja caducifolia. Además, se realizó un dendrograma de similitud basado en el coeficiente de Jaccard para conocer la semejanza florística entre las parcelas muestreadas. Adicionalmente se realizó el análisis IndVal para determinar qué especies están asociadas a los diferentes grados de perturbación de la SBC y que pudieran considerarse como indicadoras de dichos ambientes (Dufrene & Legendre 1997); este análisis se realizó en el programa R v. 3.6.3 (R Core Team 2025) utilizando el paquete *indicspecies* v. 1.7.14.

Para evaluar la estructura de la vegetación leñosa se obtuvo el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Curtis & McIntosh 1951) mediante los valores de densidad, frecuencia y dominancia relativas, esta última estimada a partir del área basal (m<sup>2</sup>) de los individuos registrados en la superficie muestreada. Además, para probar si existen diferencias en la estructura de la vegetación, se compararon las métricas de área basal, altura, volumen de madera (altura × área basal) y densidad (expresada en la cantidad de individuos por unidad de superficie; ha) de cada sitio mediante pruebas de Kruskal-Wallis, estas fueron realizadas con el programa R v. 3.6.3. Los análisis descritos anteriormente fueron realizados únicamente con las especies leñosas y sus abundancias registradas dentro de los transectos de muestreo.

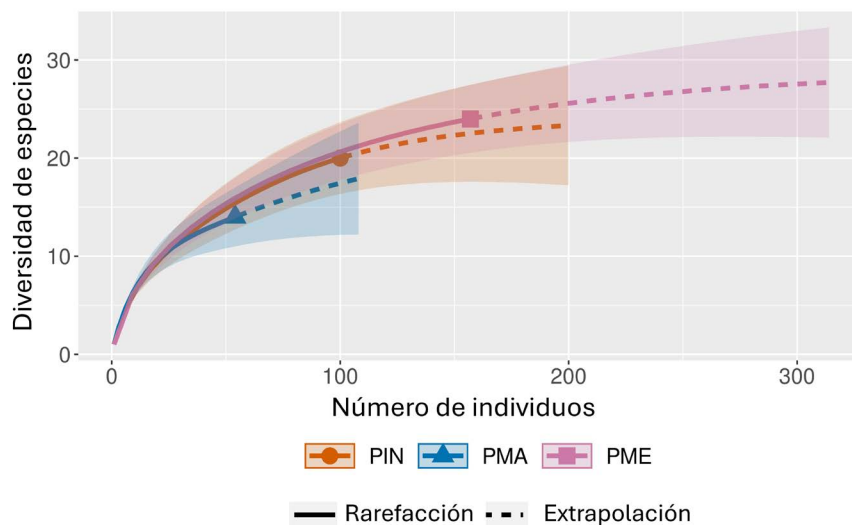
Por otro lado, las especies adicionales observadas fuera de los transectos se incluyeron en el listado total, registrando el sitio con diferente grado de perturbación donde cada taxón fue observado y la forma de vida (hierba terrestre, epífita, arbusto, árbol, trepadora o arborescente). En el listado general se señalaron los endemismos de México y/o del estado de Veracruz de acuerdo con los estudios de Gómez-Pompa *et al.* (2010) y Villaseñor (2016); así como el estatus de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) que enlista las especies en alguna categoría de riesgo en México y que son protegidas por las leyes nacionales (DOF 2019) y las incluidas en la Lista Roja de la UICN ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), UICN 2023). La elaboración de la lista general de especies estuvo basada en el arreglo taxonómico de familias sugerido por el Grupo de Filogenia de Angiospermas (APG IV 2016 por sus siglas en inglés), mientras que los nombres científicos fueron corroborados de acuerdo con la base de datos Tropicos (2024).

## Resultados

*Riqueza de especies.* Las curvas de rarefacción de los sitios con perturbación menor e intermedia (PME y PIN) tienden a estabilizarse, no así la del sitio con perturbación mayor (PMA); sin embargo, la cobertura de muestra estimada por iNEXT fue superior al 90 %, de acuerdo con los valores calculados en la tabla de resumen del análisis, lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue adecuado (Figura 2). La prueba de Kruskal-Wallis arrojó que el sitio con menor disturbio presentó diferencias en la riqueza respecto a los demás ( $H = 5.38$ ;  $P = 0.05$ ). Por otro lado, las curvas de rango abundancia muestran que el sitio con perturbación menor fue el que presentó especies con mayor abundancia, superando los 30 registros en cada sitio (0.05 ha) para el caso de especies como *Bursera simaruba* Sarg. o *Fraxinus schiedeana* Schtdl. & Cham. El sitio con perturbación mayor presentó una mayor uniformidad en la abundancia de las especies registradas (Figura 3).

En cuanto a la composición de especies, el índice de Whittaker señaló que el mayor recambio ocurre entre los sitios PIN y PMA (82 %), mientras que el menor recambio de especies se presentó entre PIN y PME (57 %). Esto se puede corroborar con el dendrograma de similitud basado en el índice de Jaccard, donde cuatro de las parcelas con disturbio mayor se separan en un grupo alejado de las de disturbio intermedio (Figura 4).

## Vegetación de selva baja caducifolia bajo disturbio



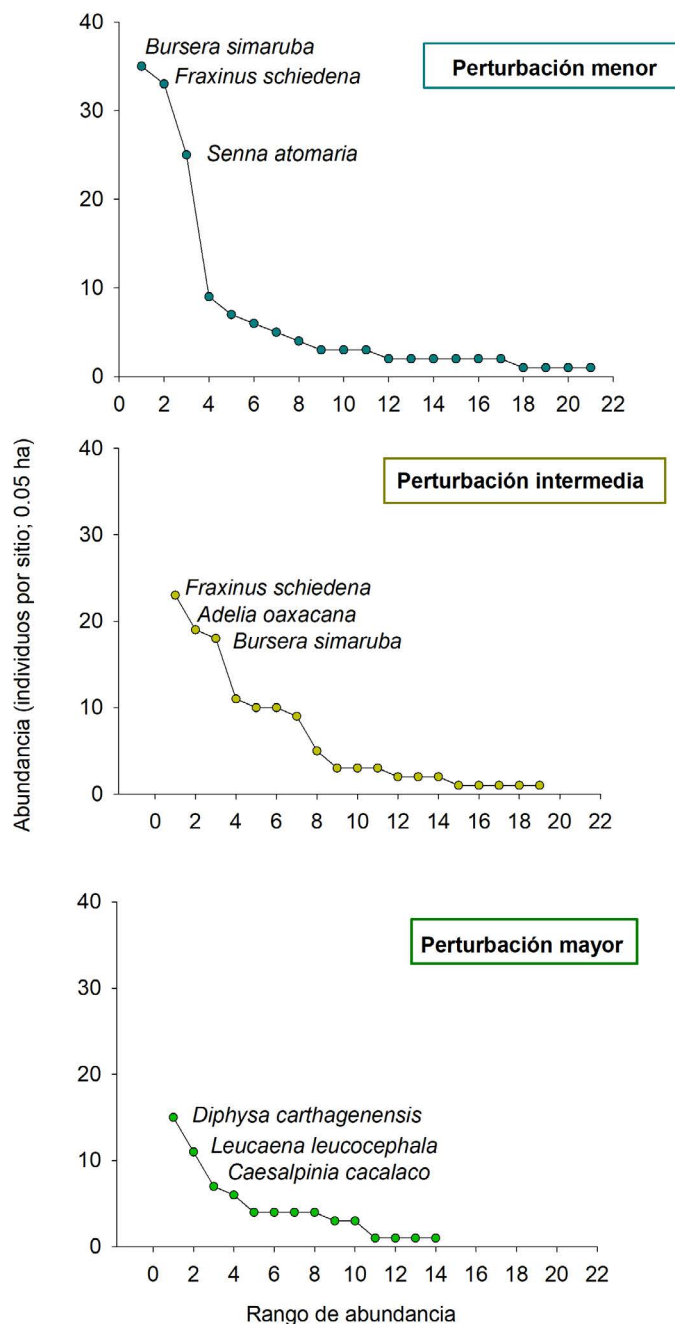
**Figura 2.** Curvas de rarefacción de la diversidad de especies leñosas registradas en tres sitios de selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación. PMA: Perturbación mayor; PIN: Perturbación intermedia; PME: Perturbación menor.

Del total de especies registradas en los transectos, de acuerdo con el análisis IndVal, únicamente siete especies pudieron considerarse como indicadores de alguno de los grados de perturbación estudiados. Estas especies corresponden en su mayoría a los sitios con perturbación menor e intermedia. Solo una fue indicadora de perturbación mayor (*Vachellia cornigera* (L.) Seigler & Ebinger). El valor de Indval señala la asociación de la especie con un sitio específico y varía de 1 (solo registrado en ese sitio) y 0, en este caso, las especies enlistadas, en su mayoría indicaron una fuerte relación con el sitio y valores significativos ( $P < 0.05$ ) (Tabla 2). El resto de las especies registradas en el estudio presentaron valores bajos de relación con el sitio o valores de  $P$  no significativos, por esa razón no fueron consideradas como indicadoras.

**Estructura de la vegetación.** Los valores del área basal de los individuos leñosos muestreados en los transectos no mostraron diferencias significativas entre los sitios de muestreo ( $P \geq 0.30$ ; en todas las comparaciones). Por otro lado, las alturas de los árboles presentaron diferencias significativas en el sitio PMA, mostrando los árboles con menores alturas ( $P < 0.001$ ), mientras que los sitios PIN y PME no tuvieron diferencias significativas entre sí ( $P = 0.37$ ). En cuanto al volumen de madera PMA registró valores menores que PME y PIN ( $P = 0.017$ ); PIN no difirió de PME ( $P = 0.34$ ) y la comparación PIN-PMA tampoco fue significativa ( $P = 0.076$ ). Respecto a la densidad, la única diferencia se presentó entre PMA y PME ( $P = 0.010$ ), las comparaciones entre los otros sitios PMA vs PIN ( $P = 0.16$ ) y PIN vs PME ( $P = 0.23$ ) no fueron significativas (Tabla 3).

De acuerdo con el índice de valor de importancia, se observa que las diez especies más importantes para cada sitio están agrupadas en diferente número de familias. Por un lado, en el sitio con menor perturbación, las 10 especies más importantes pertenecen a siete familias diferentes, mientras que en el sitio con perturbación intermedia se agrupan en seis familias y en el de mayor disturbio pertenecen únicamente a cuatro familias (Tabla S1); siendo Fabaceae la que tiene mayor representatividad de las cuatro, con seis especies, las cuales forman parte importante de la estructura de la vegetación del sitio. Se destaca también que especies como *Fraxinus schiedeana* y *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F.Macbr., son importantes en los tres sitios de muestreo (Figura 5).

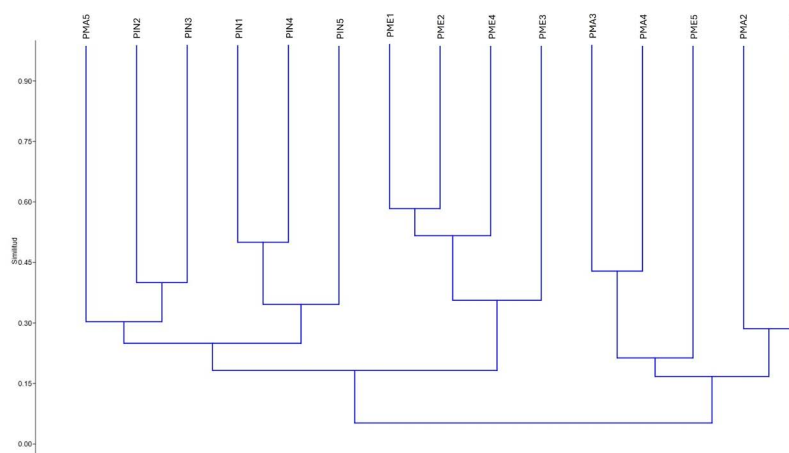
**Listado florístico general.** Se obtuvo un listado de 167 especies agrupadas en 142 géneros y 61 familias de la flora vascular de los tres sitios estudiados, incluyendo los taxones dentro y fuera de los transectos (Tabla S2). Los sitios con perturbación menor e intermedia mostraron mayor riqueza de especies (118 y 116, respectivamente), mientras que el sitio con perturbación mayor tuvo la menor riqueza (70) (Tabla 4).



**Figura 3.** Curvas de rango abundancia de especies leñosas registradas en tres sitios de selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación.

Se encontró que las familias con el mayor número de especies en el sitio con perturbación menor fueron Fabaceae (16), Cactaceae (7), Bromeliaceae (6) y Euphorbiaceae (6). En el sitio con perturbación intermedia estas familias fueron Fabaceae (14), Cactaceae (8), Bromeliaceae (7) y Euphorbiaceae (7). En el sitio con perturbación mayor también la familia Fabaceae fue la más representativa con 14 especies. Las formas de vida mejor representadas son las arbóreas con 68 especies (40.7 %), seguidas de las hierbas terrestres (42 spp, 25.1 %), los arbustos (25, 14.9 %), especies trepadoras (17, 10.1 %), epífitas (13, 7.7 %) y las plantas parásitas (2, 1.1 %). Se registraron 20 especies endémicas de México, de las cuales cinco son endémicas del estado de Veracruz (*Bauhinia jucunda* Brandege, *Hechtia myriantha* Mez, *Hyperbaena jalcomulcensis* E. Pérez & Cast.-Campos, *Oxalis robusta* R. Knuth y *Tillandsia*

## Vegetación de selva baja caducifolia bajo disturbio



**Figura 4.** Dendrograma de similitud de acuerdo con los valores de Jaccard de los tres sitios de selva baja caducifolia bajo diferentes grados de perturbación.

**Tabla 2.** Especies indicadoras de los tres fragmentos de selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación. Se colocaron únicamente las que de acuerdo con la prueba fueron significativas ( $P < 0.05$ ). PME: Perturbación menor; PIN: Perturbación intermedia; PMA: Perturbación mayor. IndVal: Indicator Value (valores cercanos a 1= más asociación al sitio).

Especie	PME	PIN	PMA	IndVal	P
<i>Senna atomaria</i>	1	0	0	0.96	0.005
<i>Bursera simaruba</i>	1	1	0	0.91	0.04
<i>Fraxinus schiedeana</i>	1	1	0	0.91	0.03
<i>Piscidia piscipula</i>	0	1	0	0.85	0.02
<i>Vachellia cornigera</i>	0	0	1	0.82	0.04
<i>Vachellia farnesiana</i>	0	1	0	0.77	0.04
<i>Lysiloma divaricatum</i>	0	1	0	0.77	0.04

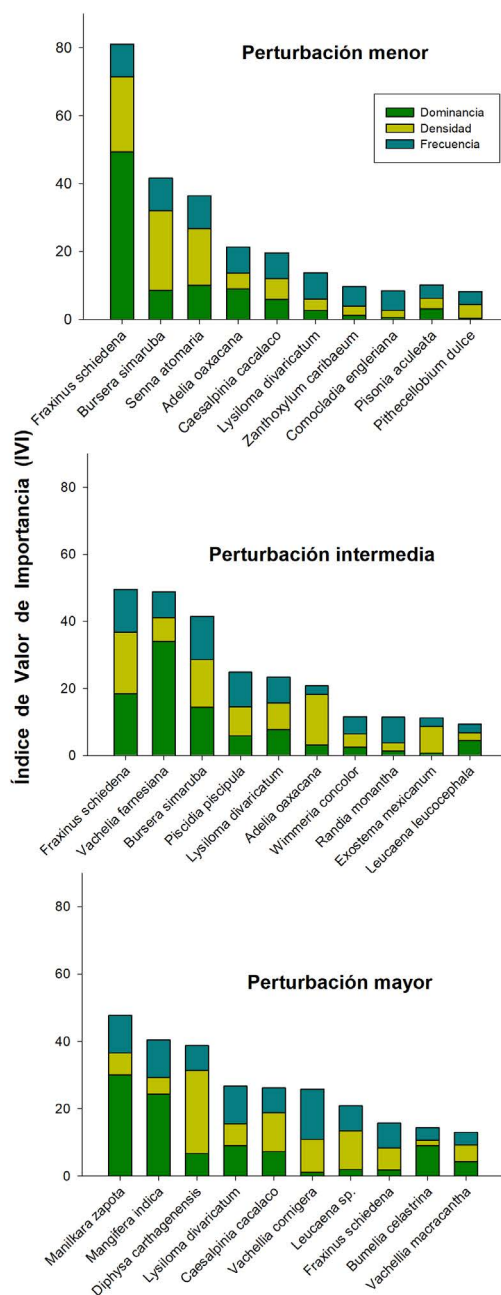
**Tabla 3.** Valores promedio y desviación estándar de la estructura de la vegetación en los tres sitios de muestreo. AB: Área basal. PME: Perturbación menor; PIN: Perturbación intermedia; PMA: Perturbación mayor. \*Presenta diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ).

Sitio	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (ind/ha)
PME	0.043 ± 0.09	7.54 ± 2.56	0.34 ± 0.74*	3,000
PIN	0.032 ± 0.05	8.12 ± 3.21	0.32 ± 0.60	2,400
PMA	0.037 ± 0.08	5.28 ± 1.63*	0.04 ± 0.55*	1,220

**Tabla 4.** Número de familias, géneros y especies registradas dentro y fuera de los transectos en los fragmentos de selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación. Las especies leñosas corresponden a aquellas registradas dentro de los transectos (DAP ≥ 5 cm). Los porcentajes indican la proporción que representan las especies leñosas respecto al total de especies registradas en cada sitio. PME: perturbación menor; PIN: perturbación intermedia; PMA: perturbación mayor.

Sitios	Familias	Géneros	Número total de especies (dentro y fuera de transectos)	Especies leñosas registradas dentro de transectos, DAP ≥ 5 cm (%)
1. PME	54	104	118	21 (18)
2. PIN	49	100	116	20 (17)
3. PMA	36	63	70	14 (20)

*botteri* E.Morren ex Baker) (Tabla S2). De las especies registradas, 10 se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2019) y la Lista Roja de la UICN (2023), las cuales son: *Trichocentrum stramineum* (Bateman ex Lindl.) M.W.Chase & N.H.Williams (Amenazada), *Cephalocereus euphorbioides* (Haw.) Britton & Rose (VU), *Astronium graveolens* Jacq. (Amenazada), *Desmopsis trunciflora* (Schltdl. & Cham.) G.E.Schatz ex Maas, E.A.Mennega & Westra (Vulnerable), *Wimmeria concolor* (VU), *Cedrela odorata* L. (Sujeta a protección especial y Vulnerable en la lista roja de la UICN), *Brahea dulcis* (Kunth) Mart. (sujeta a protección especial), *Picrasma mexicana* Brandegees (En peligro de extinción), *Pilosocereus leucocephalus* (Poselger) Byles & G.D. Rowley (Sujeta a protección especial) y *Zamia loddigesii* Miq. (Amenazada).



**Figura 5.** Especies leñosas que presentaron los diez valores más altos de acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI) en tres sitios de selva baja caducifolia con diferentes grados de perturbación.

## Discusión

*Riqueza de especies y endemismos.* Los resultados obtenidos en las curvas de rarefacción y de rango abundancia reflejan el efecto de la perturbación sobre la riqueza y la distribución de las especies leñosas en los fragmentos de selva baja caducifolia evaluados. Los sitios con menor y mediana perturbación mantienen una mayor riqueza y una composición más compleja, lo que sugiere que aún en su estado de perturbación conservan condiciones ambientales y microhábitats favorables para el establecimiento y coexistencia de las especies registradas. Por el contrario, el sitio con mayor perturbación presenta una menor riqueza y una distribución más uniforme en las abundancias, lo que podría indicar un proceso de simplificación estructural y pérdida de dominancia de especies típicas de un bosque en mayor estado de madurez. Estos patrones son consistentes con otras observaciones realizadas en bosques secos donde se han registrado mayor dominancia de especies pioneras en ambientes antropizados y la complejidad estructural varía de acuerdo con las diferentes etapas sucesionales (Almazán-Núñez *et al.* 2012).

En cuanto al recambio de especies, los sitios con perturbación menor e intermedia presentaron menos diferencias entre sí, mientras que el sitio con mayor disturbio fue más diferente a estos. La perturbación antropogénica puede provocar por un lado la homogenización de la biodiversidad y por otro la diferenciación de esta (Kramer *et al.* 2023). En este estudio, el sitio más perturbado mostró una composición menos diversa y una estructura más simple, lo que sugiere un proceso de homogeneización interna; simplificación que lo hace más distinto respecto a los sitios menos alterados. Esto puede deberse a que los ambientes altamente perturbados suelen ser colonizados por especies pioneras o generalistas con distintas estrategias ecológicas, lo que aumenta la disimilitud respecto a los sitios menos alterados.

La homogenización de la diversidad vegetal de los sitios de estudio se puede observar también a través de los resultados del análisis IndVal, ya que se registraron pocas especies que pueden ser consideradas indicadoras o exclusivas de alguno de los sitios. Lo cual puede ser consecuencia de la perturbación, ya que las condiciones ambientales resultantes del disturbio hacen que las especies que se establecen estén adaptadas a condiciones de estrés relacionadas con la perturbación; por lo que se cree que las especies que originalmente podrían ser indicadoras de conservación sean desplazadas por las generalistas y aquellas que mayormente son heliófilas (Bautista-Bello *et al.* 2019, Gómez-Díaz *et al.* 2023).

En ese sentido, el análisis de especies indicadoras mostró que *Vachellia cornigera* fue la única especie indicadora del sitio con mayor disturbio, evento no casual dadas sus características; entre ellas, ser fijadora de nitrógeno y pionera de amplia distribución a nivel mundial en áreas tropicales y subtropicales, lo que le confiere una alta capacidad para establecerse en ambientes perturbados (Rico-Arce 2001, López-Camacho *et al.* 2012). Además, sus poblaciones se ven incrementadas por ser una especie utilizada para forraje del ganado y tiene un alto potencial de dispersión (Velázquez-Avendaño *et al.* 2005, Barrientos-Ramírez *et al.* 2012).

La riqueza total de especies registrada en este estudio, considerando las que se encuentran dentro y fuera de los transectos (167 spp.), representa el 1.96 % de la flora vascular del estado de Veracruz (Villaseñor 2016), este dato resulta interesante dado el tamaño de área muestreada, ya que ésta es mucho menos del 1 % del territorio estatal. La riqueza de especies registrada es similar a la reportada para otros relictos de SBC en buen estado de conservación del centro de Veracruz (Martínez-Adriano *et al.* 2016, Alarcón-Lozano 2018), lo cual resalta la importancia de los fragmentos estudiados en términos de riqueza florística, ya que aún en condiciones de perturbación albergan una riqueza que se asemeja a la de sitios en mejor estado de conservación de la región.

En los tres sitios estudiados la familia dominante fue Fabaceae, patrón que ya se ha observado en otras regiones de América y México con el mismo tipo de vegetación (Gillespie *et al.* 2000, Pineda-García *et al.* 2007, Sánchez-Hernández *et al.* 2018). Al respecto, se sabe que esta familia tiene especies muy tolerantes a la desecación, son fijadoras de nitrógeno atmosférico y formadoras de micorrizas, entre otras cualidades que les permiten vivir en ambientes agrestes, donde se especializan, a diferencia de otras que no tienen la misma resistencia (Sprent & Parsons 2000). Dadas estas características, no es raro que en los ambientes más perturbados de este estudio, la familia Fabaceae sea la que tenga mayor presencia.

La predominancia de otras familias, como Cactaceae, concuerda con lo encontrado en estudios previos de SBC (Pérez-García & Meave 2004, Gallardo-Cruz *et al.* 2005, León de la Luz *et al.* 2012). Sobre las cactáceas, son bien conocidas sus estrategias adaptativas; como su morfología, succulencia y tipo de metabolismo, que les permite colonizar lugares abiertos y de prolongada sequía, característica de los sitios estudiados (Pérez-López *et al.* 2023).

La familia Bromeliaceae predominó en los sitios con disturbio menor e intermedio y tuvo una escasa presencia en el sitio con disturbio mayor, ya que su condición epifítica la hace susceptible a las perturbaciones humanas pues algunas especies requieren del microclima bajo un dosel (Krömer *et al.* 2014). Cabe mencionar que de esta familia, el género que tuvo mayor riqueza fue *Tillandsia*, del cual todas las especies observadas son consideradas atmosféricas, que se distinguen por tener estrategias de adaptación a condiciones de sequía, como la reducción de sus raíces y la formación de escamas capaces de retener el agua de la atmósfera (Benzing 2023). Estas adaptaciones tienen sentido en un ambiente donde una de las principales características es la falta de agua en una gran parte del año como lo es la SBC; y más aún, en condiciones de perturbación.

En este estudio se registraron 20 especies endémicas de México, de las cuales cinco son exclusivas de Veracruz. Estos resultados deben interpretarse en el contexto de la región, ya que esta zona montañosa del centro de Veracruz se caracteriza por su alta concentración de especies endémicas (Rosales-Lara 2016). Esto probablemente es resultado del aislamiento topográfico y la heterogeneidad ambiental de las montañas en general, que favorecen la diversificación de especies (Rahbek *et al.* 2019). Por lo tanto, en estos sitios aún en su condición de perturbación se refugian especies endémicas y algunas en peligro de extinción, lo cual aumenta la importancia en términos de conservación de estos remanentes de vegetación inmersos en un paisaje altamente transformado.

*Estructura.* La altura promedio de los árboles observó diferencias entre sitios, ya que este valor fue mayor en los sitios con disturbio menor e intermedio, lo cual podría denotar que allí los árboles pueden ser de mayor edad, ya que estos sitios se han mantenido con menor intervención humana. Lo mismo sucedió con el volumen de madera, el cual fue mayor en el sitio con disturbio menor. Al respecto, es notorio que el sitio con disturbio mayor ha estado sometido a una fuerte presión agropecuaria, lo cual es una limitante en la recuperación forestal, tanto de composición de especies como de la estructura de la vegetación (Reyes-Hernández *et al.* 2006).

La densidad, tuvo valores más bajos en el sitio con mayor disturbio, coincidiendo con lo encontrado en otros estudios que consideran distintos grados de perturbación (Xi *et al.* 2021). La baja densidad arbórea en ese sitio puede estar relacionada con los fuertes procesos de antropización que ha habido; las especies dominantes ahí son de interés para las comunidades humanas locales (*Mangifera indica* L. y *Manilkara zapota* (L.) P.Royen), ambas cultivadas por su importancia alimenticia, lo cual puede estar favoreciendo su permanencia y densidad. Las densidades en los sitios con menor disturbio contrastan con las reportadas para otras áreas con SBC; son mayores a lo reportado para áreas sin aparente disturbio (Dzib-Castillo *et al.* 2014, Sánchez-Hernández *et al.* 2018) y menores a lo registrado por Gallardo-Cruz *et al.* (2005) en SBC sin disturbio. Estas diferencias pueden deberse por un lado a los distintos esfuerzos del muestreo en los diferentes estudios, pero también puede ser producto de la heterogeneidad de la estructura de las selvas bajas caducifolias, ya que, al ser espacios sometidos a estrés natural, las estrategias de las plantas suelen ser diferentes de acuerdo con el contexto de cada sitio.

Por otro lado, el IVI mostró que los tres sitios comparten entre sus diez especies más importantes a *Fraxinus schiedeana* y a *Lysiloma divaricatum*. Para *F. schiedeana* se ha documentado también su dominancia en dos localidades cercanas al municipio de estudio (Palacios-Wassenaar *et al.* 2018) y de *L. divaricatum* se conoce su amplia distribución en la selva tropical estacionalmente seca, por lo que no es rara su dominancia en los sitios aquí estudiados (Sánchez-Mejía *et al.* 2007, Martínez-Adriano *et al.* 2016, Palacios-Wassenaar *et al.* 2018). En el mismo contexto, *Bursera simaruba* y *Adelia oaxacana* Hemsl. exhibieron una mayor dominancia en los sitios con perturbación menor y perturbación intermedia. En relación con esto, la dominancia de *B. simaruba* es similar a lo mencionado en otros estudios (Palacios-Wassenaar *et al.* 2018, Hernández-Rodríguez *et al.* 2021), lo cual se relaciona con el carácter generalista que tiene esta especie y por su manejo silvícola (Zamora-Crescencio 2003, Gutiérrez-Granados *et al.* 2011, Hernández-Rodríguez *et al.* 2021).

Los sitios denominados perturbación menor y perturbación mayor comparten entre las especies más importantes a *Caesalpinia cacalaco* Humbl. & Bonpl., lo cual tiene relevancia al ser una especie endémica de las regiones tropicales subhúmedas de México y aquí se encuentra incluso en el sitio más perturbado, ya que puede estar en selvas conservadas y hasta en acahuales por ser una especie que se ve favorecida por su variado aprovechamiento, por ejemplo, maderable y comestible (Zamora-Crescencio 2003, Niembro-Rocas *et al.* 2010, Harker *et al.* 2021).

Con excepción de *Mangifera indica*, todas las especies que se encuentran entre las primeras 10 con IVI mayor en cada sitio son nativas. La presencia de *M. indica*, se entiende desde un contexto socioeconómico de la región, siendo importante históricamente para el municipio llegando a formar parte de su escudo de armas y debido a la preferencia que tienen los pobladores por las plantas que les generan un ingreso económico o en su caso se convierten en fuentes de alimento por sus frutos ampliamente consumidos, lo cual lleva a la protección y propagación de esta especie (Baruch & Nozawa 2014). Esta preferencia también se notó para *Manilkara zapota*, especie nativa predominante en el sitio con mayor disturbio, en donde es cultivada; sin embargo, en algunos fragmentos, cuando se encuentra de forma natural, puede considerarse indicadora de ambientes con vegetación madura (García-Licona *et al.* 2014, Gutiérrez-Báez *et al.* 2017, Haas-Ek *et al.* 2019).

La estructura de la vegetación que se observó en los sitios estudiados es congruente con su situación de perturbación y corresponde a lo esperado en ecosistemas de transición entre sitios perturbados y con mayor madurez. Al respecto, los más conservados o de menor disturbio están más próximos en estructura a selvas maduras y resalta su importancia al ser los últimos reductos de vegetación en el centro estado de Veracruz. Aun cuando se trata de bosques perturbados están conformados en su mayoría por especies nativas que son típicas de las selvas bajas caducifolias de la región. Del mismo modo la presencia de endemismos y de especies en riesgo en estos reductos de vegetación antropizada, resaltan la urgencia de conservar estos sitios en su estado actual para permitir la regeneración y con ello asegurar el hábitat para la flora y fauna regional.

## Material suplementario

El material suplementario de este trabajo puede consultarse aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3765>

## Agradecimientos

Los autores agradecemos a Corporativo Moctezuma® Planta Apazapan y al Fondo de Empresas de la Universidad Veracruzana, AC por el apoyo financiero recibido para realizar el trabajo de campo y por las facilidades para el ingreso a sus predios. Damos un agradecimiento especial a Felipe Lara Hernández y Jazmín Contreras López por su apoyo en el trabajo de campo. Agradecemos también a los revisores anónimos y la editora de sección por sus valiosas sugerencias.

## Literatura citada

- Acosta-Pérez R. 1986. *La vegetación de la Sierra de Manuel Díaz, Veracruz, México*. BSc Thesis. Universidad Veracruzana.
- Alarcón-Lozano AJ. 2018. *Inventario de las Magnoliophyta del ejido Buena Vista, municipio de Emiliano Zapata, Veracruz, México*. BSc Thesis. Universidad Veracruzana.
- Almazán-Núñez RC, Arizmendi MDC, 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/10.7550/rmb.30403>
- APG IV [Angiosperm Phylogeny Group]. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**: 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

- Barrientos-Ramírez L, Vargas-Radillo JJ, Rodríguez-Rivas A, Ochoa-Ruiz HG, Navarro-Arzate F, Zorrilla J. 2012. Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. *Madera y Bosques* **18**: 23-35. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2012.183356>
- Baruch Z, Nozawa S. 2014. Abandoned coffee plantations: Biodiversity conservation or path for non-native species? Case study in a Neotropical montane forest. *Interciencia* **39**: 554-561.
- Bautista-Bello AP, López-Acosta JC, Castillo-Campos G, Gómez-Díaz JA, Krömer T. 2019. Diversidad de arbustos a lo largo de gradientes de elevación y perturbación en el centro de Veracruz, México. *Acta Botanica Mexicana* **126**: e1455. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1369>
- Benzing D. 2023. Bromeliaceae: a brief profile and some topics that warrant further inquiry. *Selbyana* **34**: 1-79.
- Bonfil C, Trejo I. 2010. Plant propagation and the ecological restoration of Mexican tropical deciduous forests. *Ecological Restoration* **28**: 369-376. DOI: <https://doi.org/10.3368/er.28.3.369>
- Castillo-Campos G, Halffter G, Moreno CE. 2008. Primary and secondary vegetation patches as contributors to floristic diversity in a tropical deciduous forest landscape. *Biodiversity and Conservation* **17**: 1701-1714. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9375-7>
- Chao A, Ma KH, Hsieh TC. 2016. iNEXT Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Programa y guía del usuario. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25777.79200>
- Cué-Bär EM, Villaseñor JL, Morrone JJ, Ibarra-Manríquez G. 2006. Identifying priority areas for conservation in Mexican tropical deciduous forest based on tree species. *Interciencia* **31**: 712-719.
- Curtis JT, McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* **32**: 476-496. DOI: <https://doi.org/10.2307/1931725>
- DOF [Diario Oficial de la Federación]. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la 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, publicada el 30 de diciembre de 2010.
- DRYFLOR. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* **353**: 1383-1387. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaf5080>
- Dufrêne M, Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* **67**: 345-366. DOI: <https://doi.org/10.2307/2963459>
- 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**: 167-178. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.38706>
- Gallardo-Cruz JA, Meave JA, Pérez-García EA. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **76**: 19-35. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1701>
- García-Licona JB, Esparza-Olguín LG, Martínez-Romero E. 2014. Estructura y composición de la vegetación leñosa de selvas en diferentes estadios sucesionales en el Ejido El Carmen II, Calakmul, México. *Polibotánica* **38**: 1-26.
- Gillespie TW, Grijalva A, Farris CN. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* **147**: 37-47. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009873014900>
- Gómez-Díaz JA, Bautista-Bello AP, Carvajal-Hernández CI, Guzmán-Jacob V, Monge-González ML, Krömer T. 2023. Diversity patterns of vascular plant groups along gradients of elevation and disturbance in Mexico. En: Myster, R.W. (ed.), *Neotropical gradients and their analysis*, pp. 391-418. Springer Nature, Suiza. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-22848-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-22848-3_14)
- Gómez-Pompa A, Krömer T, Castro-Cortés R. 2010. *Atlas de la flora de Veracruz, un patrimonio natural en peligro*. México: Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. 528 pp. ISBN 978-607-95131-7-7
- Gutiérrez-Báez C, Folan WJ, Folan L, Gallegos S, Zamora-Crescencio P. 2017. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Imí, Campeche, México. *Foresta Veracruzana* **19**: 1-8.

- Gutiérrez-Granados G, Pérez-Salicrup DR, Dirzo R. 2011. Differential diameter-size effects of forest management on tree species richness and community structure: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* **20**: 1571-1585. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0046-8>
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**: 1-9.
- Haas-Ek MA, González-Valdivia NA, De Jong BHJ, Ochoa-Gaona S, Aryal DR. 2019. Rebrote arbóreo en la regeneración del bosque tropical de Calakmul, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical* **67**: 164-181. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33092>
- Harker M, Hernández-López L, Muñiz-Castro MA. 2021. Flora del bosque tropical caducifolio en una zona con suelos yesosos y calcáreos de Colima, México. *Acta Botánica Mexicana* **128**: e1899. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1818>
- Hernández-Rodríguez ZG, Castro-Moreno M, González-Esquínca AR, De la Cruz-Chacón I. 2021. Phenology of *Bursera simaruba* and *Bursera tomentosa* at a tropical dry forest of Chiapas, Mexico. *Madera y Bosques* **27**: e2732441. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732246>
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2007. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Veracruz. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825235239> (accessed August 22, 2024).
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010. Conjunto de datos vectoriales, escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568> (accessed August 22, 2024).
- Kramer JMF, Zwiener VP, Müller SC. 2023. Biotic homogenization and differentiation of plant communities in tropical and subtropical forests. *Conservation Biology* **37**: e14025. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.14025>
- Krömer T, García-Franco JG, Toledo-Aceves T. 2014. Epífitas vasculares como bioindicadoras de la calidad forestal: impacto antrópico sobre su diversidad y composición. In: González-Zuarth CA, Vallarino A, Pérez-Jiménez JC, Low-Pfeng AM, eds. *Bioindicadores: Guardianes de Nuestro Futuro Ambiental*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) - El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), pp. 605-623. ISBN 978-607-8429-05-9.
- León de la Luz JL, Domínguez-Cadena R, Medel-Narváez A. 2012. Florística de la selva baja caducifolia de la península de Baja California, México. *Botanical Sciences* **90**: 143-162. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.480>
- López-Camacho R, González MR, Cano M. 2012. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Fabaceae: Leguminosae), una especie exótica con potencial invasivo en los bosques secos de la isla de Providencia (Colombia). *Biota Colombiana* **13**: 232-246.
- Martínez-Adriano CA, Aguirre-Jaimes A, Díaz-Castelazo C. 2016. Floristic survey of flowering plants in a tropical coastal ecosystem in Veracruz, Mexico. *Botanical Sciences* **94**: 185-197. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.272>
- Miranda F, Hernández XE. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**: 29-179. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Niembro-Rocas A, Vázquez-Torres M, Sánchez-Sánchez O. 2010. *Árboles de Veracruz: 100 especies para la reforestación estratégica*. México: Comisión Organizadora del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana / Secretaría de Educación-Gobierno del Estado de Veracruz, 253 pp. ISBN: 978-607-33-0000-1
- Palacios-Wassenaar O, Castillo-Campos G, Vázquez-Torres SM, Del Amo-Rodríguez S. 2014. Flora vascular de la selva mediana subcaducifolia del centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 125-142. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.34663>
- Palacios-Wassenaar OM, Castillo-Campos G, Vázquez-Torres SM, Medina-Abreo ME. 2018. Estructura y diversidad de plantas leñosas de la selva mediana subcaducifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* **124**: e1060. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1279>
- Pérez-García EA, Meave JA. 2004. Heterogeneity of xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous forest region in southern Mexico. *Plant Ecology* **175**: 147-163. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-005-4841-8>

- Pérez-López AV, Lim SD, Cushman JC. 2023. Humboldt Review: Tissue succulence in plants: Carrying water for climate change. *Journal of Plant Physiology* **289**: 154081. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.154081>
- Pennington TD, Sarukhán J. 2005. *Árboles tropicales de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 523 pp. ISBN: 970-32-1643-9
- Pineda-García F, Arredondo-Amezcuca L, Ibarra-Manríquez G. 2007. Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 129-139. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2007.001.396>
- Prieto-Torres DA, Nori J, Rojas-Soto OR, Navarro-Sigüenza AG. 2021. Challenges and opportunities in planning for the conservation of Neotropical seasonally dry forests into the future. *Biological Conservation* **257**: 109083. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109083>
- R Core Team. 2024. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/> (accessed September 19, 2025).
- Rahbek C, Borregaard MK, Antonelli A, Colwell RK, Holt BG, Nogues-Bravo D, Rasmussen C, Richardson K, Rosling MT, Whittaker RJ, Fjeldså, J. 2019. Building mountain biodiversity: Geological and evolutionary processes. *Science* **365**: 1114-1119. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aax0151>
- Reyes-Hernández H, Aguilar-Robledo M, Aguirre-Rivera JR, Trejo-Vázquez I. 2006. Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, **59**: 26-42.
- Rico-Arce ML. 2001. El género *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* **58**: 251-302.
- Rosales-Lara LA. 2016. *Listado florístico de las angiospermas del ejido "Las Carabinas" municipio de Apazapan, Veracruz*. BSc Thesis, Universidad Veracruzana.
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. Primera edición digital. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 504 pp.
- Sánchez-Hernández MA, Fierros-González AM, Velázquez-Martínez A, De los Santos Posadas HM, Aldrete A, Cortés-Díaz E. 2018. Estructura, riqueza y diversidad de especies de árboles en un bosque tropical caducifolio de Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **9**: 131-156. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.115>
- Sánchez-Mejía ZM, Serrano-Grijalva L, Peñuelas-Rubio O, Pérez-Ruiz ER, Sequeiros-Ruvalcaba E, García-Calleja MT. 2007. Composición florística y estructura de la comunidad vegetal del límite del desierto de Sonora y la selva baja caducifolia (Noroeste de México). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* **3**: 74-83.
- Sprent JI, Parsons R. 2000. Nitrogen fixation in legume and non-legume trees. *Field Crops Research* **65**: 183-196. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00086-6)
- Trejo I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. En: Ceballos G, Martínez L, García A, Espinoza E, Bezaury J, Dirzo R, eds. *Diversidad, amenazas y regiones prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. México: Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Alianza WWF-Telcel, Ecociencia, SC. y Telmex. pp. 93-118. ISBN 978-607-7607-31-1
- Tropicos. 2024. Missouri Botanical Garden, Missouri, USA. <https://tropicos.org/collection/Search> (accessed October 25, 2024).
- UICN [Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza]. 2023. *Lista Roja de UICN - IUCN Red List of Threatened Species*. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/es> (accessed October 26, 2024)
- Velázquez-Avendaño J, Perezgrovas-Garza R, Velasco-Zebadúa ME, Zaragoza-Martínez L, Rodríguez-Galván G. 2005. Evaluación de vainas de quebracho (*Acacia farnesiana*) en alimentación de ganado lanar. *Archivos de Zootecnia* **54**: 535-540.
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- WRB [The World Reference Base]. 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015.

Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. *Informes sobre recursos mundiales de suelos* 106. Roma: FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dea292cb-370d-46c7-a44d-59a617953c3b/content> (accessed September 5, 2024)

Xi J, Shao Y, Li Z, Zhao P, Ye Y, Li W, Chen Y, Yuan Z. 2021. Distribution of woody plant species among different disturbance regimes of forests in a temperate deciduous broad-leaved forest. *Frontiers in Plant Science* **12**: 618524. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.618524>

Zamora-Crescencio P. 2003. Contribución al estudio florístico y descripción de la vegetación del municipio de Tenabo, Campeche, México. *Polibotánica* **15**: 1-40.

---

**Editor de sección:** Martha González Elizondo

**Contribuciones de los autores:** AMAZ trabajo de campo, análisis de datos y elaboración de la primera versión del manuscrito; JRCD trabajo de campo, identificación de especies; CADA financiamiento y elaboración del mapa; CICH diseño del muestreo, coordinación y participación en el trabajo de campo y análisis de datos. Todos los autores participaron en la revisión del manuscrito.

**Entidades Financiadoras:** El trabajo de campo fue financiado por Corporativo Moctezuma® Planta Apazapan y administrado por el Fondo de Empresas de la Universidad Veracruzana AC.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses, ni financiero ni personal, en la información, la presentación de datos ni los resultados de este artículo.