

Caracterización estructural de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio del cerro de la Cruz, El Salto, Jalisco

Structural characterization of the arboreal community of the tropical deciduous forest of cerro de la Cruz, El Salto, Jalisco

Edgar Ramón Gómez-Vega*

Alberto Brambila-Santiesteban

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Forestal,
Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Graciela González-Torres

Un Salto de Vida A.C.

Ana Luisa Santiago-Pérez

Christian Saúl Mendoza-Miramontes

Nayeli Monserrat Velasco-Preciado

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Forestal,
Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Angélica González-González

Un Salto de Vida A.C.

David Gutiérrez-Cortez

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Forestal,
Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

Paola Lizeth Navarro-López

Un Salto de Vida A.C.

Begoña Bielsa-Fernández

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Forestal,
Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

*Autor para correspondencia: edgar.gomez.forestal@gmail.com

Resumen

La presente investigación tuvo la finalidad de caracterizar el bosque tropical caducifolio del cerro de la Cruz, El Salto, Jalisco. Se establecieron 19 sitios de muestreo permanente de 500 m² en donde se registraron todos los árboles con un $DN \geq 7$ cm; se identificó la especie y se midió el diámetro normal, la altura y los diámetros de copa. Se calculó la densidad, dominancia, frecuencia, el índice de valor de importancia, índice de distribución vertical de especies, el índice de Shannon-Wiener y el de Simpson. Se registraron 19 especies repartidas en 18 géneros y 13 familias botánicas. La densidad fue de 349 Nha^{-1} y el área basal correspondió a 4.347 $m^2 \cdot ha^{-1}$. La distribución por clase diamétrica indicó una agrupación en clases inferiores a manera de “J” invertida a razón de la dinámica del bosque ante las perturbaciones. Las especies con mayor importancia ecológica fueron *Pithecellobium dulce*, *Bursera bipinnata*, *Heliocarpus terebinthinaceus*, *Agonandra racemosa* y *Annona longiflora* debido a su mayor abundancia y capacidad de resiliencia. El índice vertical de especies (A) demostró que existe una heterogeneidad en la distribución de las especies por piso de altura ($A = 1.023$; $A_{MAX} = 4.043$) alcanzando sólo el 31.11% de su máxima equitatividad. Los índices de diversidad indicaron una baja diversidad ($H' = 1.067$ y $\lambda = 0.104$) respecto a otros sitios a nivel nacional. Se determinó que el estado de conservación de este bosque es de sucesión secundaria debido a factores como los incendios forestales, la ganadería y la alta ocurrencia de especies arbustivas y herbáceas, por lo que es importante comenzar una línea de acción enfocada en la restauración y recuperación de este ecosistema.

Palabras clave: Sitios de muestreo permanente, índice de valor de importancia, diversidad, incendios forestales, especies pioneras.

Abstract

The current investigation has the aim to characterize tropical deciduous forest in “cerro de la Cruz” area at El Salto, Jalisco. Nineteen permanent sample plots were established, each of 500 m². All trees with $DBH \geq 7$ cm were registered;

their species were identified, plus, the diameter at breast height, height and average canopy diameter were measured. Density, dominance, frequency, importance value index, Pretzsch stratification index, Shannon-Wiener index and Simpson index were calculated. Species richness resulted in 19 species, distributed in 18 genera and 10 botanical families. Density reached 349 Nha^{-1} and basal area 4.347 $m^2 \cdot ha^{-1}$. Diametric class distribution of the inferior classes showed a “J” inverted shape distribution, as a response of the forest dynamics to disturbances. Most ecological importance species were *Pithecellobium dulce*, *Bursera bipinnata*, *Heliocarpus terebinthinaceus*, *Agonandra racemosa* and *Annona longiflora* due to their great abundance and resilience capacity. Pretzsch stratification index (A) showed that there is a heterogeneity occurring in the distribution of species by height layer ($A = 1.023$; $A_{MAX} = 4.043$) reaching only 31.11% of the maximum possible equitability. Diversity indexes indicated a low diversity ($H' = 1.067$ y $\lambda = 0.104$) compared to others sites nationwide. It was determined that the conservation status of this forest is a secondary succession, due to factors such as wildfires, livestock, and the high occurrence of shrub and herbaceous species, so it is important to start a line of action focused on restoration and recovery of this ecosystem.

Keywords: Permanent sample plots, importance value index, diversity, wildfires, pioneer species.

Introducción

El bosque tropical caducifolio (BTC) corresponde a comunidades vegetales compuestas por elementos multicaules que alcanzan un dosel de hasta 20 m de altura que se establecen sobre laderas de cerros y en climas tropicales estacionalmente secos (Rzedowski, 1978; Challenger y Soberón, 2008; Ramírez, 2016). Presenta una marcada época de estiaje que dura entre 6 y 8 meses donde los elementos dominantes pierden su follaje (Rzedowski, 1978; Trejo-Vázquez, 1999). Alberga una riqueza biológica estimada en 2 500 especies, representando alrededor del 10% de la flora nacional (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2013) y un componente endémico del 25% a nivel género y 40% al de especie (Rzedowski, 1998). Por esta razón, los bosques tropicales caducifolios de México presentan características y florística que las hacen únicos y distinguen de otras comunidades neotropicales (Trejo, 2010). Además, estos ecosistemas brindan bienes y servicios como la regulación del clima y los ciclos hidrológicos, proporcionan alimento a la fauna silvestre y proveen de recursos forestales maderables y no maderables a los asentamientos humanos cercanos (González *et al.*, 2018).

A nivel nacional existen obras de referencia (Rzedowski, 1978; Miranda y Hernández-X., 2014) que describen estos bosques desde el punto de vista florístico y fisionómico, y otras que caracterizan y contrastan distintas comunidades a lo largo de la República (Trejo 2005). En el contexto estatal,

algunos estudios analizan la estructura y composición de los bosques tropicales caducifolios en diferentes entidades (Sánchez-Velázquez *et al.*, 2002; Jiménez-Pérez *et al.*, 2009; Rocha-Loredo *et al.*, 2010; Martínez-Cruz *et al.*, 2013, Méndez-Toribio *et al.*, 2014; Mora-Donjuán *et al.*, 2014; Ramírez 2016; Gerardo *et al.*, 2018; Sánchez-Hernández *et al.*, 2018) o que enfatizan en las amenazas y tendencias que enfrentan estos ecosistemas (Meave *et al.*, 2012, Berlanga-Robles *et al.*, 2018).

Abarcan una superficie de 280 000 km² en 25 entidades federativas. En el caso de Jalisco, este bosque cubre una superficie de 1 644 470 ha, lo que representa el 22% de la superficie estatal (CONAFOR, 2021). Se considera que este tipo de vegetación presenta los niveles más altos de deforestación con una tasa de pérdida anual entre el 1.4 y 2.0% a nivel nacional, mientras que alrededor de sólo el 5.2% de su superficie se encuentra en alguna categoría de protección por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (González Ocampo *et al.*, 2014; Ramírez, 2016).

Constituyen la primera frontera para la expansión antrópica en donde la presión demográfica derivada de las actividades económicas es el principal agente de cambio de uso de suelo y pérdida de hábitat (Meave *et al.*, 2012). Otras de sus amenazas son la fragmentación, los incendios forestales y el cambio climático (Milles *et al.*, 2006). Por ello, al tratarse de ecosistemas que han reducido drásticamente su superficie de distribución original es importante generar más estudios enfocados en la

descripción de su estructura y composición que otorguen información de referencia para la implementación de estrategias de conservación y restauración (Clewel *et al.*, 2004) a nivel regional. Esta problemática se hace más tangible en poblaciones en constante expansión agropecuaria e industrial como sucede en el caso del municipio de El Salto, Jalisco, donde más del 85% de su superficie se encuentra ocupada por usos agropecuarios, habitacionales e industriales (SEMADET, 2006). No obstante, aún alberga comunidades de suma importancia como el bosque tropical caducifolio establecido en el cerro de la Cruz que funge como corredor biológico entre la barranca del río Santiago y las sierras de Cerro Viejo-Chupinaya ubicadas al sureste de la zona metropolitana de Guadalajara. Por ello, el objetivo de este trabajo es caracterizar su composición, estructura y diversidad arbórea.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El cerro de la Cruz se ubica en la coordenada centroide longitud -103.193° W y latitud 20.524° N, y cubre una superficie aproximada de 1 km², dentro del municipio de El Salto, Jalisco (Figura 1).

fisiográfica Faja Neovolcánica Transmexicana. Su intervalo altitudinal es de 1 549 a 1 656 msnm, el clima es semicálido subhúmedo (A)C(w¹) con una temperatura media anual es de 20.4°C y precipitaciones anuales de 1 000 mm (IEEG, 2019) y el tipo de suelo predominante corresponde a vertisol mázico. Con base en una estratificación supervisada de una imagen obtenida del satélite Sentinel- 2 (Willington *et al.*, 2013; Borrás *et al.*, 2017) y su corroboración en campo, el principal tipo de vegetación es el bosque tropical caducifolio (BTC), en tanto que, derivado del cambio de uso de suelo y las perturbaciones antrópicas, también se establecen el pastizal inducido (PI) y matorral inducido (MI).

Trabajo de campo

Se establecieron 19 sitios de muestreo permanente distribuidos de manera aleatoria, de forma circular de 500 m² (radio de 12.62 m), con una superficie efectiva de trabajo de 9 500 m² y una intensidad de muestreo del 5.35% (Romahn y Ramírez, 2010) respecto a la comunidad analizada. Se registraron todos los árboles con un *DN* ≥ 7.0 cm. Se identificó la especie, el diámetro normal, la altura total, el diámetro de copa, y la ubicación espacial de cada individuo dentro del sitio.

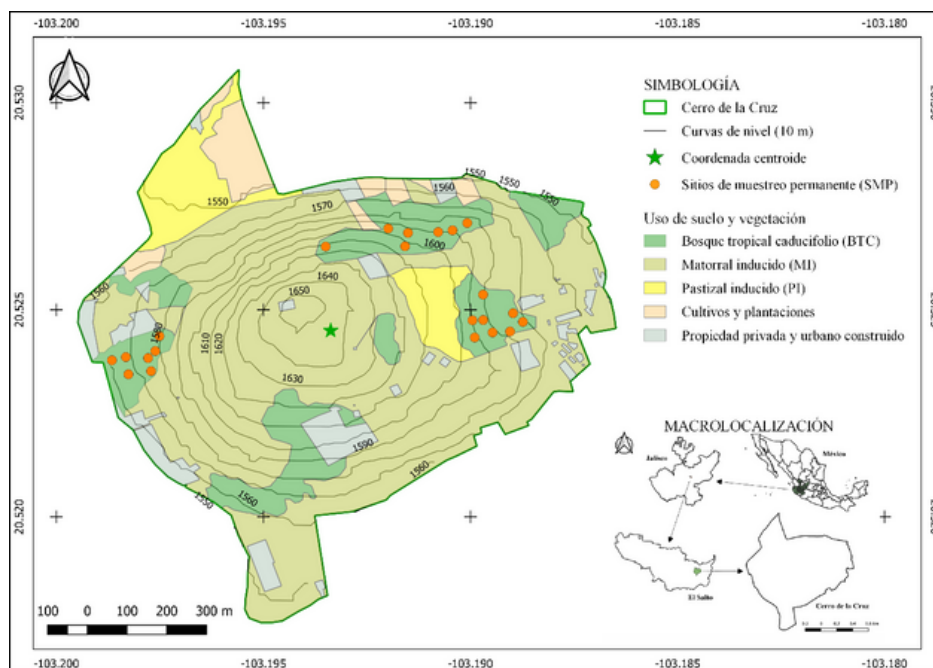


Figura 1. Localización del cerro de la Cruz dentro del municipio de El Salto, Jalisco.

Análisis de información

La información recopilada en campo se procesó en el programa Microsoft Excel®, generando tablas y gráficos. Para la corroboración de los nombres científicos se consultaron las bases de datos del Missouri Botanical Garden (Tropicos, 2021) y para la identificación de las especies enlistadas en alguna categoría de riesgo nacional e internacional se consultaron la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2019), la plataforma de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres (CITES) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Se cotejó en la plataforma de Enciclovida (CONABIO, 2021) la distribución y nivel de endemismo de las especies presentes.

Para caracterizar la estructura se estimó la densidad (1), la dominancia (2), la frecuencia (3), el índice de valor de importancia (IVI) (4-7) y el índice de distribución vertical de especies (A) (8-10). Para el cálculo de la diversidad se emplearon tanto el índice de Shannon-Wiener (H') (11) y el índice de Simpson (λ) (12). A continuación, se describen las fórmulas empleadas:

Densidad o abundancia:

$$D = \left(\frac{\text{Número de individuos}}{\text{Superficie (ha)}} \right) \quad (1)$$

Dónde:

D = densidad (Nha).

Dominancia o área basal:

$$g = \left(\frac{\pi}{4} \right) * DN^2 \quad (2)$$

Dónde:

g = área basal ($m^2 ha^{-1}$).

DN = diámetro normal tomado al 1.3 m de altura del árbol.

Frecuencia:

$$F = \left(\frac{\text{No. de sitios en los que ocurre la especie}}{\text{No. total de individuos de todas las especies}} \right) * DN^2 \quad (3)$$

Dónde:

F = frecuencia.

Índice de valor de importancia (IVI)

La importancia relativa o importancia ecológica de una especie, “IVI” por sus siglas en inglés (*Importance Value Index*) es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar el “peso ecológico” de cada especie en rodales mezclados (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974); es expresado como la suma de los valores relativos (%) de la frecuencia (F), la abundancia (A) y la dominancia (D , a partir del área basal):

$$IVI = F(\%) + A(\%) + D(\%) \quad (4)$$

Dónde:

$$\text{Abundancia (A)} = \frac{\text{No. de individuos de una especie}}{\text{No. total de individuos de todas las especies}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Dominancia (D)} = \frac{\text{Suma de área basal de una especie}}{\text{Suma de área basal total de las especies}} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{Frecuencia (F)} = \frac{\text{No. de sitios en los que la especie ocurre}}{\text{No. total de individuos de todas las especies}} \times 100 \quad (7)$$

Índice de distribución vertical de especies (A)

Este índice define tres pisos altitudinales en relación con la altura máxima de la comunidad (Pretzsch, 1996): piso I o superior (80 a 100%), piso II o medio (50 a 80%) y piso III o inferior (0 a 50%), y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$A = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^z p_{ij} \times \ln(p_{ij}) \quad (8)$$

Dónde:

A = índice de distribución vertical de especies.

s = número de especies presentes.

z = número de estratos de altura.

p_{ij} = proporción de especies en los estratos:

$$p_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} \quad (9)$$

Este índice registra valores entre 0 y un valor máximo (A_{MAX}), donde $A = 0$ significa que la comunidad arbórea está representada por una sola especie distribuida en un sólo piso, y $A = A_{MAX}$.

cuando la totalidad de las especies están representadas en igual proporción en los diferentes estratos. La obtención de A_{MAX} se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$A_{max} = \ln(S \times Z) \quad (10)$$

Índice de Shannon-Wiener (H')

Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Adquiere valores entre cero cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001; Marrugan, 2004).

$$H' = - \sum P_i \times \ln(P_i) \quad (11)$$

Dónde:

H' = índice de Shannon-Wiener.

P = proporción de los individuos de la especie i .

\ln = logaritmo natural.

Índice de Simpson (λ)

Determina la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1-\lambda$ (Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad (12)$$

Dónde:

P_i : abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Resultados y discusión

Composición florística

Se registraron 19 especies arbóreas repartidas en 18 géneros y 13 familias (Cuadro 1). Fabaceae acumuló la mayor cantidad de especies (4/4), seguida de Malvaceae (3/3) y Burseraceae (1/2), grupos que Rzedowski (1978) y Miranda y Hernández-X. (2014) mencionan como predominantes en los bosques tropicales de la vertiente del Pacífico (Sánchez-Velásquez *et al.*, 2002; Trejo, 2005; Lott y Atkinson, 2010; Trejo, 2010; Méndez-Toribio *et al.*, 2014; Ramírez, 2016; González *et al.*, 2018). Algunos taxones presentaron patrones definidos; de acuerdo con Lott y Atkinson (2010) *Bursera fagaroides* y *Ceiba aesculifolia* son elementos restringidos a la costa del Pacífico y Atlántico, con poca representatividad

en el interior del país, situación que no fue ajena al cerro de la Cruz ya que fueron poco frecuentes sólo en los sitios mejor conservados. Especies comunes fueron *Agonandra racemosa*, *Annona longiflora*, *Diphysa puberulenta*, *Lippia umbellata* y *Pithecellobium dulce*, mientras que *Spondias purpurea* y *Eysenhardtia polystachya* correspondieron a árboles empleados para definir linderos y proporcionar sombra al ganado. *Opuntia fuliginosa* se presentó como componente aislado en algunos sitios de muestreo sin evidenciar regeneración en los sitios evaluados, mientras que *Ipomoea intrapilosa* fue poco frecuente, pero formando pequeñas poblaciones discontinuas. No se registró ninguna especie dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 17 están enlistadas en preocupación menor (LC) en UICN y *Opuntia fuliginosa* se encuentra anexada en el apartado II del CITES. Sólo cinco especies son consideradas endémicas para el país: *A. longiflora*, *D. puberulenta*, *Heliocarpus terebinthinaceus*, *I. intrapilosa* y *O. fuliginosa*.

Cuadro 1. Especies registradas durante los muestreos

Nombre científico	Nombre común ¹	Familia botánica	NOM-059 ²	IUCN ³	Cites ⁴	Dist. ⁵
<i>Agonandra racemosa</i> (DC.) Standl.	Chulillo	Opiliaceae		LC		N
<i>Annona longiflora</i> S. Watson	Chirimoya de cerro	Annonaceae		LC		E
<i>Bursera bipinnata</i> (DC.) Engl.	Copal	Burseraceae		LC		N
<i>B. fagaroides</i> (Kunth) Engl.	Papelillo	Burseraceae		LC		N
<i>Cascabela ovata</i> (Cav.) H. Lippold	Ayoyote	Apocynaceae		LC		N
<i>Castmroa edulis</i> La Llave	Zapote blanco	Rutaceae		LC		N
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	Algodoncillo	Malvaceae		LC		N
<i>Diphysa puberulenta</i> Rybd.	Flor de gallito	Fabaceae				E
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg	Palo dulce	Fabaceae		LC		N
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guázuma	Malvaceae		LC		N
<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr.	Cicua	Malvaceae		LC		E
<i>Ipomoea intrapilosa</i> Rose	Ozote	Convolvulaceae		LC		E
<i>Lippia umbellata</i>	Orégano de monte	Verbenaceae				N
<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	Tepehuaje	Fabaceae		LC		N
<i>Opuntia fuliginosa</i> Griffiths	Nopal	Cactaceae		LC	II	E
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth	Guamúchil	Fabaceae		LC		N
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Myrtaceae		LC		N
<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo	Anacardiaceae		LC		N
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex. Kunth	Tronadora	Bignoniaceae		LC		N

¹Nombres comunes asignados por los pobladores de El Salto. ²NOM-059-SEMARNAT-2019: protección especial (Pr), amenazada (A), en peligro de extinción. ³Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza: preocupación menor (LC). ⁴Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna: II- especies no amenazadas a la extinción.

Estructura

La densidad fue de 349 Nha^{-1} y el área basal correspondió a 4.347 m^2ha^{-1} . Las especies más abundantes fueron *B. bipinnata* y *H. terebinthinaceus* aportando cada una el 15.36% de la totalidad de los árboles debido a su gran capacidad de regenerar por rebrotes asexuales y

establecerse de manera eficiente, mientras que *P. dulce* (21.22%) y *B. bipinnata* (16.72%) acumularon la mayor cantidad del área basal. En el caso particular de *P. dulce*, los frutos de este árbol son muy palatables para el ganado y la fauna silvestre, razón por la que su germoplasma es dispersado con éxito. *C. aesculifolia* y *L. divaricatum* fueron elementos poco abundantes registrando sólo un individuo por taxa. El DN medio fue de 11.56 cm, *L. divaricatum* presentó el valor más alto (40.74 cm) y tanto *A. longiflora* y *L. umbellata* presentaron el DN mínimo (7.00 cm). Respecto a la altura, el valor medio del rodal fue de 4.82 m, siendo *P. dulce* el árbol más alto (11.40 m) y *A. racemosa* tuvo el valor mínimo (1.60 m). Estudios realizados dentro del estado contrastan con la riqueza y valores dasométricos de este trabajo: Novoa *et al.* (2007) caracterizaron un BTC en buen estado de conservación ubicado en la Villa de los Niños, Acatlán de Juárez, con una riqueza de 10 especies, muy por debajo que este estudio, pero con una densidad y área basal superiores (740 *Nha*⁻¹ y 16.6 *m*²*ha*⁻¹). En tanto, González *et al.* (2018) en un bosque tropical subcaducifolio con un historial de aprovechamiento forestal ubicado en La Quebrada en el municipio de Tomatlán determinaron 38 especies, una densidad de 621 *Nha*⁻¹ y área basal de 32.27 *m*²*ha*⁻¹. Sánchez-Velásquez *et al.* (2002) identificaron al norte de la Sierra de Manantlán que perturbaciones como la ganadería extensiva provocan un aumento de la diversidad a razón de la aparición de especies pioneras, pero conforme el proceso de sucesión avanza es común la disminución de la riqueza. Al analizar la distribución de los elementos por clase diamétrica (CD), el 88.42% de los árboles se agruparon en las primeras tres clases diamétricas (Figura 2) con un patrón en forma de “J” invertida, indicador de que este ecosistema es dinámico y permite el constante reclutamiento de individuos al dosel arbóreo (Novoa *et al.*, 2007), pero el proceso de sucesión y redistribución de clases diamétricas es interrumpido debido a los incendios forestales que provocan el deceso de los fustes principales y propician la regeneración por rebrote, sobre todo en especies pioneras y adaptadas a la dinámica del fuego (Rodríguez *et al.*, 2019). En el caso del área

basal se observó una tendencia similar, aunque es notable que las CD superiores a 30 albergaron una gran proyección horizontal (8.1% del total). En este caso, *P. dulce* fue la única especie distribuida en las clases de fustal (Figura 2).

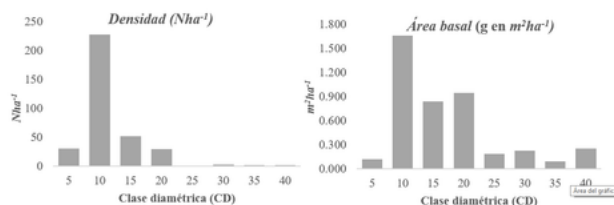


Figura 2. Distribución de la densidad y el área basal por clase diamétrica..

De acuerdo con el índice de valor de importancia, *P. dulce* y *B. bipinnata* fueron las especies con mayor importancia ecológica registrando los valores más altos (46.99 y 44.02, respectivamente), debido a la gran abundancia y área basal acumulada. (Cuadro 2). Este patrón fue común en especies de las familias Fabaceae y Burseraceae dentro de otras comunidades con ocurrencia de incendios forestales como lo reportan Rodríguez *et al.* (2019) en un bosque tropical caducifolio bajo la categoría de influencia constante de estos siniestros o con un mejor estado de conservación como el descrito por Novoa *et al.* (2007) quienes reportaron a *Lysiloma divaricatum*, *B. copallifera*, y *Eysenhardtia polystachya* como especies de sucesión primaria para su localidad en particular.

Cuadro 2. Valores del índice de valor de importancia por especie.

Nombre científico	Índice de valor de importancia (IVI)						Total
	A	A (%)	D	D (%)	F	F (%)	
<i>Agonandra racemosa</i>	31	8.73	0.387	8.90	9.00	13.43	31.07
<i>Annona longiflora</i>	33	9.34	0.230	5.30	9.00	13.43	28.07
<i>Bursera bipinnata</i>	54	15.36	0.727	16.72	8.00	11.94	44.02
<i>B. fogaroides</i>	3	0.90	0.030	0.68	1.00	1.49	3.08
<i>Cascabela ovata</i>	6	1.81	0.074	1.70	2.00	2.99	6.49
<i>Castimiroa edulis</i>	2	0.60	0.012	0.28	1.00	1.49	2.38
<i>Celiba aesculifolia</i>	1	0.30	0.029	0.67	1.00	1.49	2.46
<i>Diploza puberulenta</i>	22	6.33	0.172	3.96	1.00	1.49	11.78
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	4	1.20	0.035	0.80	2.00	2.99	4.99
<i>Guazuma ulmyfolia</i>	5	1.51	0.048	1.11	2.00	2.99	5.60
<i>Haltocarpus terebinthaceus</i>	54	15.36	0.581	13.36	5.00	7.46	36.19
<i>Ipomoea intrapilosa</i>	20	5.72	0.369	8.49	2.00	2.99	17.19
<i>Lippia umbellata</i>	47	13.55	0.315	7.25	3.00	4.48	25.28
<i>Lysiloma divaricatum</i>	1	0.30	0.087	2.00	1.00	1.49	3.80
<i>Opuntia fuliginosa</i>	2	0.60	0.053	1.22	2.00	2.99	4.80
<i>Pithecellobium dulce</i>	38	10.84	0.923	21.22	10.00	14.93	46.99
<i>Psidium guajava</i>	11	3.01	0.087	2.01	3.00	4.48	9.50
<i>Spondias purpurea</i>	3	0.90	0.082	1.88	1.00	1.49	4.27
<i>Tecoma stans</i>	13	3.61	0.106	2.44	4.00	5.97	12.02
Total	349	100.00	4.347	100.00	67.00	100.00	300.00

Taxones como *A. racemosa*, *A. longiflora* y *L. umbellata* también obtuvieron valores considerables derivado de su alta frecuencia registrada en campo (Cuadro 2). En particular, *L. umbellata* junto con arbustos de huizache (*Vachellia farnesiana*) formaron un ecotono de transición entre áreas siniestradas por incendios o pastoreo y el límite de la comunidad forestal (Figura 3) que de acuerdo con Rodríguez *et al.* (2019) este tipo de eventos provoca la alta frecuencia de especies de fabáceas pioneras y especies secundarias, excluyendo de la comunidad a las de sucesión primaria.

El índice vertical de especies (*A*) reflejó que en el piso I sólo ocurre *P. dulce*, mientras que la mayor riqueza de árboles se concentró en el piso III; la repartición de las especies correspondió a un 31.11% al valor máximo de este índice ($A = 1.023$; $A = A_{MAX} = 4.043$), indicador de que la diversidad no fue equitativa en los diferentes estratos determinado. Mora-Donjuán *et al.* (2014) obtuvieron resultados similares ya que registraron un valor de diversidad media (53.8%) en un matorral desértico micrófilo con historial de uso pecuario, mientras que Jiménez-Pérez (2009) identificaron dentro de un matorral espinoso tamaulipeco bajo diferentes cambios de uso de suelo determinaron que actividades como la agricultura y la ganadería extensiva provocaron una baja distribución vertical de la biodiversidad.

Especies como *B. fagaroides*, *C. edulis*, *D. puberulenta*, *E. polystachia* y *P. fuliginosa* se restringieron al estrato inferior debido a que suelen aparecer en el ecosistema como elementos pioneros que abren paso al establecimiento de heliófitas durables como *C. aesculifolia*, *P. dulce*, *S. purpurea*, y otras más tolerantes a la sombra que se desarrollan bajo un dosel ya establecido (e.i. *A. longiflora* y *P. guajava*).

Diversidad

El índice de Shannon-Wiener presentó un valor de $H' = 1.067$ y una diversidad máxima esperada de $H' = 1.279$, por lo que el estimador de este estudio sólo registró el 83.4% de la diversidad, resultado que se encuentra por debajo de lo reportado en otros estudios en sitios con buen estado de conservación (Novoa *et al.*, 2007; González *et al.*, 2018). En tanto, el índice de Simpson demostró que algunas de las especies presentan una alta dominancia ya que el valor obtenido correspondió a $\lambda = 0.104$, resultado que apunta a que son pocas las especies dentro del ecosistema que permanecen dentro del estrato arbóreo ante las perturbaciones que allí acontecen.

En ese sentido, estudios a nivel nacional también contrastan estos resultados indicando que la riqueza y abundancia dentro de este tipo de ecosistema se encuentran directamente ligadas al historial del uso de suelo y las actividades económicas y sociales

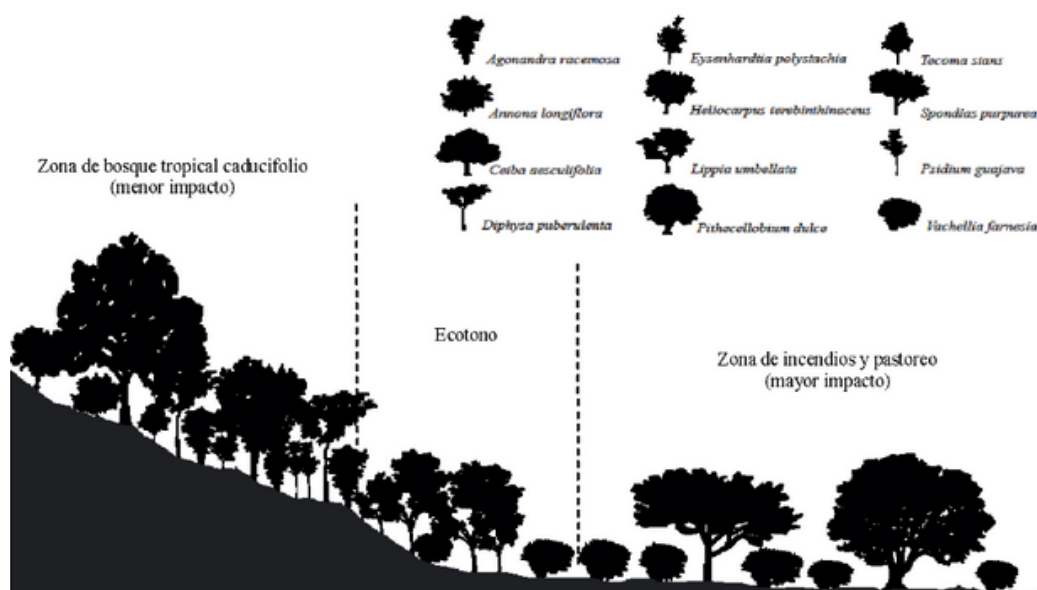


Imagen 3. Esquema vertical de la distribución de las especies de acuerdo con el grado de perturbación.

que imperan en el sitio (Méndez-Toribio, 2014; Sánchez *et al.*, 2018). Trejo (2005) recopila una serie de información florística y dasométrica a lo largo del país en donde compara la riqueza, diversidad y densidades en diferentes comunidades con una amplia gama de condiciones ambientales y perturbación mínima, indicando que la riqueza promedio es de 74 especies, y señalando que conforme las condiciones son más xéricas, es menor la diversidad que el ecosistema puede albergar.

Otro interruptor de la sucesión arbórea fue el establecimiento de elementos arbustivos y herbáceos que ocuparon los sitios recién perturbados y no permiten el establecimiento y desarrollo dasométrico de las especies arbóreas. Fue común que especies como *Vachellia farnesiana*, *Verbesina fastigiata* y *V. sphaerocephala* se distribuyeran en grandes extensiones dentro del cerro, en tanto que pastos como *Chloris gayana* e *Hyparrhenia variabilis* (poácea de reciente introducción a los ecosistemas mexicanos de acuerdo con Vibrans *et al.*, 2014) interfieren con la germinación de los bancos de germoplasma existentes en el suelo, además que se convierten en combustibles ligeros para la propagación de los incendios forestales y la sucesiva afectación al bosque.

Conclusión

El bosque tropical caducifolio del cerro de la Cruz albergó una riqueza de 19 especies arbóreas, siendo la familia Fabaceae la que acumuló la mayor cantidad de géneros y especies (4/4). Algunas de las especies son características del BTC del occidente de México como *B. fagaroides* y *C. aesculifolia*. Se calculó una densidad de 349 Nha^{-1} y un área basal de 4.347 m^2ha^{-1} . La distribución por clase diamétrica indicó que la comunidad presenta una estructura irregular en donde la mayoría de los individuos se concentró en las clases diamétricas inferiores. Las especies con mayor importancia ecológica fueron *P. dulce*, *B. bipinnata*, *H. terebinthinaceus*, *A. racemosa* y *A. longiflora* debido a sus medidas dasométricas y alta frecuencia dentro de este bosque.

El índice de distribución vertical de especies evidenció que la distribución de las especies fue heterogénea dentro de los tres pisos de altura determinados. Los índices de diversidad empleados apuntaron que este bosque tiene una baja diversidad a razón de perturbaciones como los incendios forestales y la ganadería. Especies como *A. racemosa*, *A. longiflora*, *L. umbellata* y *P. dulce* son más resilientes a los siniestros antes descritos. Perturbaciones como los incendios forestales recurrentes y la ganadería extensiva fueron los principales factores de la interrupción de la sucesión de las especies arbóreas, promoviendo el establecimiento de elementos arbustivos y herbáceos que no permiten la regeneración de muchos elementos forestales, disminuyendo la diversidad de este estrato. Por ello, la presente caracterización de este bosque tropical caducifolio aporta información para su manejo, conservación y restauración.

Literatura citada

- Borrás, J., J. Delegido, A. Pezzola, M. Pereira, G. Morassi y G. Camps-Valls. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. *Revista de teledetección* 48:55-66. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7133>.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. pp 87-108. En: Soberón, J., G. Halffter & Llorante-Bousquets (Comp.). *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio. D.F., México. 621 pp.
- Clewell A., J. Aronson y K. Winterhalder. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Sociedad Internacional para la restauración ecológica. Arizona, Estados Unidos de América. 6 pp.
- Comisión Forestal Nacional (Conafor). 2021. *Sistema Satelital de Monitoreo Forestal (SAMOF): Mapa de Cobertura del Suelo al año base 2016*. <<https://idefor.cnf.gob.mx/mviewer/samof>> [consultado el 23 de junio, 21:02].
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2021. *EncicloVida*. <<https://enciclovida.mx>> [consultado el 12 de junio de 2021].
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). 2017. *The Checklist of CITES Species Website. Appendices I, II and III valid from, 4*. <<https://checklist.cites.org/>> [consultado el 12 de junio de 2021, 15:57].
- Diario oficial de la federación (DOF). 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*. D.F., México. 78 pp.
- González Cueva, G. A., O. A. Aguirre Calderón, E. Alanís Rodríguez, J. J. Corral Rivas. (2018). Estructura y composición florística de un bosque tropical subcaducifolio en Jalisco, México. *e-Cucba* 9: 9-16. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.v0i9.97>.
- González-Ocampo H. A., P. Cortés-Calva, L. I. Íñiguez-Dávalos y Ortega-Rubio A. (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia* 22: 7-15.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG). El Salto: diagnóstico municipal diciembre 2019. <<https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2020/09/El-Salto.pdf>> [consultado 23 junio 2021, 21:13].
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. <<https://www.iucnredlist.org>> [consultado 12 junio 2021, 11:43].
- Jiménez-Pérez, J., E. Alanís-Rodríguez, Ó. Aguirre-Calderón, M. Pando-Moreno y M. González-Tagle. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y Bosques* 15(3): 5-20. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2009.1531183>.
- Lott, E J. y T. H. Atkinson. 2010. Diversidad florística. pp. 63-76. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinosa, J. Bezaury Creel y R. Dirzo (Eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica-Conabio. D.F., México. 590 pp.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological diversity*. Blackwell. Publishing House. Oxford, UK. 256 pp.
- Martínez-Cruz, J., M. Méndez-Toribio, J. Cortés-Flores, P. Coba-Pérez, G. Cornejo-Tenorio y G. Ibarra-Manríquez. (2013). Estructura y diversidad de los bosques estacionales desaparecidos por la construcción de la presa Gral. Francisco J. Múgica, en la Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94: 1 216-1 234. <https://doi.org/10.7550/rmb.33799>.
- Meave, J. A., M. A. Romero-Romero, S. H. Salas-Morales, E. A. Pérez-García y J. A. Gallardo-Cruz. (2012). *Diversidad, amenazas y*

- oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas* 21(1-2): 85-100.
- Méndez-Toribio, M., J. Martínez-Cruz, J. Cortés-Flores, F. J. Rendón-Sandoval y G. Ibarra-Manríquez. (2014). Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tziritzícuar, Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1 117-1 128. <https://doi.org/10.7550/rmb.43457>.
- Miles, L., A. C. Newton, R. S. DeFries, C. Ravilious, I. May, S. Blyth y J. E. Gordon. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33(33): 491-505. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>.
- Miranda, F. & E. Hernández-X. (2014). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Conabio. D.F., México. 248 pp. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>.
- Missouri Botanical Garden. 2021. *Tropicos* v3.2.3. <<https://www.tropicos.org/home>> [(consultado el 12 junio 2021, 11:41)].
- Mora-Donjuán, C.A., E.A. Rubio-Camacho, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, M.A. González-Tagle, J.M. Mata-Balderas y A. Mora-Olivo. (2014). Composición y diversidad vegetal de un área de matorral desértico micrófilo con historial pecuario en el noreste de México. *Polibotánica* 38:53-66.
- Moreno, C. E. 2000. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España. 84 pp.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & sons. New York, Estados Unidos de América. 547 pp. <http://dx.doi.org/10.2307/213332>.
- Novoa Leyva, I., A. Gallegos Rodríguez, A. Novoa Leyva, M. L. Roman Miranda y L. Tamayo Galván. 2007. Caracterización de la estructura y diversidad del bosque tropical caducifolio de la Villa de los Niños de Acatlán de Juárez, Jalisco. pp 39-43. En: Carvajal S. y E. Pimienta Barrios. *Avances en la investigación científica en el CUCBA. XVIII Semana de la investigación científica*. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zapopan, México. 405 pp.
- Pretzsch, H. 1996. *Strukturvielfalt als Ergebniswaldbaulichen Handels*. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten.Sekt, Ertragskunde. Jahrestagung 1996, Nehresheim, 134-154.
- Ramírez Díaz, C.J. 2016. Estudio florístico del bosque tropical caducifolio en la subcuenca Cuixtla, Jalisco-Zacatecas, México. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zapopan, México. 92 pp.
- Rocha-Loredo A. G., N. Ramírez-Marcial y M. González-Espinosa. (2010). Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en le Depresión Central de Chiapas. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 87: 89-103. <https://doi.org/10.17129/botsci.313>.
- Rodríguez Trejo, D. A., P. Martínez Muñoz y P. J. Martínez Lara. (2019). Efecto del fuego en el arbolado de un bosque tropical de pino y en el de una selva baja caducifolia en Villaflores, Chiapas. *Ciencia Forestal* (29) 3: 1 033-1 047. <https://doi.org/10.5902/198509833952>.
- Romahn, C. F. y Ramírez, H. (2010). *Dendrometría*. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. pp. 294.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. D.F., México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. pp 129-145. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, D.F, México.
- Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. (2013). Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 102: 1–23.
- Sánchez Hernández, M. A., A. M. Fierro

- González, A. Velázquez Martínez, H. Manuel De los Santos Posadas, A. Aldrete y E. Cortés Díaz. (2018). Estructura, riqueza y diversidad de especies de árboles en un bosque tropical caducifolio de Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9 (46): 131-153. <http://doi.org/10.29298/rmcf.v9j46.115>.
- Sánchez-Velásquez, L.R., G. Hernández-Vargas, M.A. Carranza-M., M.R. Pineda-López, R. Cuevas-G. y F. Aragón-C. (2002). Estructura arbórea del bosque tropical caducifolio usado para la ganadería extensiva en el norte de la sierra de Manantlán, México. *Antagonismo de usos. Polibotánica* 13: 25-46.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (Semadet). 2006. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de El Salto, Jalisco. Semadet. Guadalajara, Jalisco. 28 pp.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. pp 111-122. En: Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (Eds.). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer milenio. Sociedad Entomológica Aragonesa, Conabio, Grupo Diversitas, Conacyt. Zaragoza, España. 242 pp.
- Trejo, I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. pp. 41-51. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinosa, J. Bezaury Creel y R. Dirzo (Eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica-Conabio. D.F., México. 590 pp.
- Trejo-Vázquez, I. (1999). El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas* 39: 40-51. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59082>.
- Vibrans, H., E. García-Moya, D. Clayton y J. G. Sánchez-Ken. 2014. *Hyparrhenia variabilis* and *Hyparrhenia cymbaria* (Poaceae): New for the Americas, Successful in México. *Invasive Plant Science and Management* 7: 222-228. <http://dx.doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00107.1>.
- Willington, E., M. Nolasco y M. Bocco. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/93581/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [(consultado el 15 marzo 2021, 19:16)].