



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE UN BOSQUE TEMPLADO BAJO MANEJO EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO

DIVERSITY AND TREE STRUCTURE OF A MANAGED TEMPERATE FOREST IN THE MUNICIPALITY OF PUEBLO NUEVO, DURANGO, MEXICO

Flores-Morales, E.A.; O.A. Aguirre-Calderón; E.J. Treviño-Garza; M.A. González-Tagle; E. Alanís-Rodríguez; G. Angeles-Pérez y F. Huizar-Amezcuca.

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE UN BOSQUE TEMPLADO BAJO MANEJO EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO.

DIVERSITY AND TREE STRUCTURE OF A MANAGED TEMPERATE FOREST IN THE MUNICIPALITY OF PUEBLO NUEVO, DURANGO, MEXICO.



DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE UN BOSQUE TEMPLADO BAJO MANEJO EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO.

DIVERSITY AND TREE STRUCTURE OF A MANAGED TEMPERATE FOREST IN THE MUNICIPALITY OF PUEBLO NUEVO, DURANGO, MEXICO.

E.A. Flores-Morales

O.A. Aguirre-Calderón / oscar.aguirrecl@uanl.edu.mx

E.J. Treviño-Garza

M.A. González-Tagle

E. Alanís-Rodríguez

*Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León,
Linares, Nuevo León, México.*

G. Angeles-Pérez

*Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo,
Texcoco, Estado de México, México.*

F. Huizar-Amezcu

*Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de El Salto, Dgo., A.C. (UPSE)
El Salto, Durango, México.*

Flores-Morales, E.A.;
O.A. Aguirre-Calderón;
E.J. Treviño-Garza;
M.A. González-Tagle;
E. Alanís-Rodríguez;
G. Angeles-Pérez y
F. Huizar-Amezcu.

DIVERSIDAD Y
ESTRUCTURA ARBÓREA
DE UN BOSQUE
TEMPLADO BAJO MANEJO
EN EL MUNICIPIO DE
PUEBLO NUEVO,
DURANGO, MÉXICO.

DIVERSITY AND TREE
STRUCTURE OF A
MANAGED TEMPERATE
FOREST IN THE
MUNICIPALITY OF
PUEBLO NUEVO,
DURANGO, MEXICO.

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 54: 11-26 Julio 2022

RESUMEN: El estudio se realizó en el ejido La Victoria, ubicado en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. El objetivo del estudio fue evaluar la diversidad, así como medir su estructura horizontal y vertical, los datos provinieron de 24305 parcelas de muestreo circulares de 1000 m², derivados del inventario ejidal forestal. Para estimar la riqueza y diversidad se utilizaron los índices de Shannon y Margalef. Se registraron 7 familias y 24 especies arbóreas, de las cuales la de mayor valor de importancia fue la familia Pinaceae cuya especie con mayor valor fue *Pinus cooperi*. El valor del Índice de Margalef fue 2.67. En relación al valor de diversidad de especies, el valor del Índice de Shannon fue de 2.85. El Índice de Pretzsch A tuvo valores de 2.63 con valor A_{max} de 3.94 y A_{rel} de 68%, lo que indica que la zona evaluada presenta uniformidad media. Las familias con mayor importancia por su contribución estructural en el bosque de pino-encino del suroeste del estado de Durango son Pinaceae y Fagaceae, los géneros *Pinus* y *Quercus* son los más importantes. El bosque templado estudiado presenta una riqueza específica y diversidad de especies arbóreas mediana, así como una estructura uniforme en base a los resultados presentados por el Índice de Pretzsch.

Palabras clave: biodiversidad, especies, IVI, Margalef, Sierra Madre Occidental, riqueza, Shannon.

ABSTRACT: The study was carried out in the ejido La Victoria, located in the municipality of Pueblo Nuevo, Durango, Mexico. The objective of the study was to evaluate the diversity, as well as to measure its horizontal and vertical structure, the data are derived from the forest ejidal inventory. To measure richness and diversity, the Shannon and Margalef indices were used. 7 families and 24 tree species were registered, of which the highest value of importance was the Pinaceae family, whose species with the highest value was *Pinus cooperi*. The Margalef Index value was 2.67. In relation to the value of species diversity, the value of the Shannon Index was 2.85. The Pretzsch A Index had values of 2.63 with an A_{max} value of 3.94 and A_{rel} of 68%, which indicates that the evaluated area presents average uniformity. The families with greater importance due to their structural contribution in the pine-oak forest of the southwest of the state of Durango are Pinaceae and Fagaceae, the genera *Pinus* and

Quercus are the most important. The temperate forest studied has a medium specific richness and diversity of tree species, as well as a uniform structure based on the results presented by the Pretzsch Index.

Keywords: biodiversity, species, IVI, Margalef, Sierra Madre Occidental, wealth, Shannon.

INTRODUCCIÓN

La alta diversidad de los ecosistemas propicia a una gran riqueza o variedad de especies; en México estos ecosistemas están integrados principalmente por matorrales xerófilos (41%), bosques templados (24%) y selvas (23%) (Conafor, 2009; Manzanilla-Quijada *et al.*, 2020). Los bosques templados son de los ecosistemas de mayor distribución entre los distintos tipos de asociaciones de coníferas en México; éstos cubren alrededor de tres cuartas partes de su distribución potencial estimada, si bien más de la mitad se encuentran en gran preservación gracias a las estrategias de manejo y toma de decisiones certeras (Inegi, 2003; Inegi, 2009; Ramos-Reyes *et al.*, 2017). Los beneficios de este tipo de bosques son de gran importancia económica fomentando su uso de manera ordenada; procurando satisfacer las necesidades de la sociedad actual y futura, así como su valor ecológico debido a la gran cantidad de servicios ambientales que proveen, principalmente la fijación de CO₂ (Granados-Sánchez *et al.*, 2007; Aguirre-Calderón, 2015).

El manejo forestal es primordial para la conservación de la diversidad, así como la modificación de la estructura a nivel de masas, de ahí la importancia de la cuantificación de las variables estructurales de los bosques para comprender el funcionamiento y con ello aportar herramientas que complementen el manejo forestal sustentable (Hernández-Salas *et al.*, 2013; Zarco-Espinosa *et al.*, 2010).

Las prácticas silvícolas, dependiendo de sus métodos y grados de intensidad tienden a favorecer un reducido número de especies lo cual pueden presentar grados de complejidad si se pretende armonizar los criterios de sustentabilidad que implican conservar la diversidad (Gavilán y Rubio, 2005).

El uso de índices de diversidad que describen la riqueza de especies muestran la relevancia en distintas áreas de un ecosistema y a su vez una validez científica para establecer criterios de conservación, ya que estas son utilizadas como indicadores ambientales de un ecosistema (Magurran, 1989; Manzanilla-Quijada *et al.*, 2020; Campo y Duval, 2014).

El conocimiento de la estructura y diversidad de las especies arbóreas en bosques templados es importante para la gestión y conservación, aún falta generación de estudios específicos sobre todo en el noroeste de México donde se encuentra parte de la Sierra Madre Occidental (SMO) (Graciano-Ávila *et al.*, 2017).

El estado de Durango se ubica en la SMO que es considerada como un importante corredor biológico tanto para especies boreales como elementos tropicales de montaña, destacando en el primer caso las plantas maderables y en el segundo, las herbáceas (Bye, 2005; Graciano-Ávila *et al.* 2020b). Diversos estudios señalan que las familias dominantes en los bosques de Durango son Pinaceae y Fagaceae (Graciano-Ávila *et al.*, 2017, González-Elizondo *et al.*, 2007, González-Elizondo *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue caracterizar la estructura y evaluar la diversidad de especies arbóreas en un bosque templado bajo manejo en el Estado de Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el ejido La Victoria, ubicado al Suroeste del estado de Durango, en el municipio de Pueblo Nuevo (Fig. 1), ubicado los 23°40' 04" y 23° 47' 54" N, y los 105° 21' 31" y 105° 29' 52" O.

El ejido La Victoria se encuentra en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, en la subprovincia de gran Meseta y Cañones Duranguenses y Mesetas y Cañadas del Sur. El tipo de roca predominante es ígnea extrusiva ácida (Rentería-Arrieta y Montiel-Antuna, 2017). Los suelos son de tipo cambisol, regosol y litosol con textura predominantemente gruesa a media (INEGI, 1984). La vegetación en la mayor parte del predio está formada por bosques de pino-encino, con distintas condiciones de productividad. Las principales especies de pino son *Pinus cooperi* Blanco, *P. durangensis* Martínez y *P. leiophylla* Schl. et Cham. (Dominguez-Cabrera *et al.*, 2007).

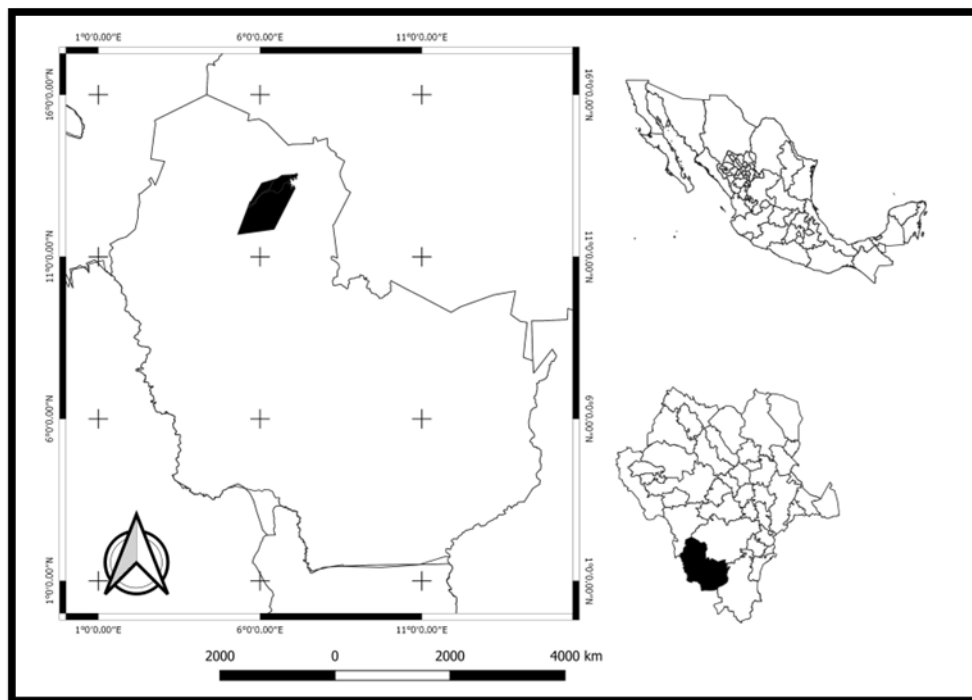


Fig. 1. Ubicación del área de estudio en el suroeste del estado de Durango, en el noroeste de México.

Obtención de datos y análisis de la información

Los datos analizados proceden de 24305 parcelas de muestreo circulares de 1000 m², producto del inventario ejidal forestal realizado en el año 2016, ubicadas principalmente en bosques dominados por *Pinus cooperi* Blanco; a todos los árboles se les midió el diámetro normal, la altura total y se registró la especie a la que pertenece cada individuo.

Para evaluar la estructura horizontal se determinaron la abundancia con base en el número de árboles por especie, la dominancia en función del área basal, y la frecuencia con base en la presencia en los sitios de muestreo. Las variables relativizadas se utilizaron para obtener el Índice de valor de importancia (IVI), que se define como la sumatoria de la abundancia relativa más la cobertura relativa y la frecuencia relativa (Silva-García *et al.*, 2021), y adquiere valores porcentuales en una escala de cero a 300 (Mostacedo y Fredericksen 2000; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020):

$$A_i = \frac{N_i}{E(ha)} , AR_i = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) \times 100$$

Donde: A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i , respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y E la superficie de muestreo (ha). La cobertura relativa se obtuvo con la fórmula:

$$D_i = \frac{Ab_i}{E(ha)}, DR_i = \left(\frac{D_i}{\sum D_i}\right) \times 100$$

Donde: D_i es la cobertura absoluta, DR_i es cobertura relativa de la especie i respecto a la cobertura, Ab_i el área basal de la especie i y E la superficie (ha). La frecuencia relativa se obtuvo con la fórmula:

$$F_i = \frac{P_i}{NS}, FR_i = \left(\frac{F_i}{\sum F_i}\right) \times 100$$

Donde: F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias, P_i es el número de sitios en el que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

$$IVI = AR_i + DR_i + FR_i$$

Para determinar la semejanza en la composición de las especies se aplicó el coeficiente de similitud. Se eligieron los sitios más representativos del área de estudio con base en el número de especies, se aplicó un análisis de similitud con el programa PAST versión 4.0 (González-Ramírez *et al.* 2017), mediante un algoritmo que permite analizar la similitud de las muestras a través del cálculo del porcentaje con intervalos de 0 a 100 %, cuyo resultado se representa en un dendrograma de similitud-disimilitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957).

Para complementar la caracterización de la estructura horizontal se realizó un análisis geoestadístico con el método de interpolación IDW (interpolación inversa de la distancia) con el fin de representar e identificar las áreas con mayor y menor abundancia, dominancia y frecuencia (Aragón-Hernández *et al.* 2019). IDW es un método de interpolación espacial determinista, que supone que los puntos más próximos a la muestra son más parecidos entre sí, de tal forma que existe una relación lineal de similitud entre un punto de valor conocido y sus vecinos, esa relación de parentesco queda expresada por una función ponderada con la distancia (Castro *et al.* 2018). El valor que tomará un punto desconocido, pero en la vecindad del punto muestreado será la media ponderada por la distancia. Se representa con la siguiente fórmula:

$$Z(x,y) = \frac{\sum_{ij} z(i,j)W(i,j)}{\sum_{ij} W(i,j)}$$

donde $Z(x,y)$ es el valor interpolado de un punto no muestreado, $z(i,j)$ es el valor de un punto muestreado al interior de un radio de búsqueda definido, y $W(i,j)$ son los pesos estadísticos asignados por el inverso de la distancia.

Se utilizaron también los índices de Shanon-Weaver (H) (Shanon y weaver, 1949) para cuantificar la biodiversidad específica, y el índice de Margalef (DMg) para estimar la riqueza de especies. H' refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Pla, 2006). Las fórmulas de ambos índices son:

$$H' = -\sum_i^s p_i \times \ln(p_i), p_i = \frac{n_i}{N}$$

$$DMg = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Donde: S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos, n_i es el número de individuos de la especie i y p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos.

La estructura vertical de las especies se analizó con el índice de distribución vertical A de Pretzsch (Pretzsch, 1996), en el que A tiene valores entre cero y un valor A_{max} ; un valor $A=0$ significa que el rodal está constituido por una especie que ocurre en un solo estrato; A_{max} se alcanza cuando la totalidad de las especies están presentes en la misma proporción tanto en el rodal como en los diferentes estratos (Corral *et al.*, 2005). Para estimar la distribución vertical de las especies se definieron tres zonas de altura (Jiménez *et al.*, 2008) zona I: 80 a 100% de la altura máxima del área; zona II: 50 a 80% de la altura máxima, y zona III: de 0 a 50% de la altura máxima. El índice se estimó con la siguiente fórmula:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z P_{ij} * \ln(P_{ij})$$

Donde: A = Índice de distribución vertical, S = Número de especies presentes, Z = Número de estratos respecto a la altura, P_{ij} = Porcentaje de especies en cada zona, se estima mediante $(n_{ij}; j/N)$, n_{ij} , j = Número de individuos de la especie i en el estrato j , N = Número total de individuos.

Fue necesario estandarizar el el Índice de Pretzsch para el análisis, lo cual se realizó con el valor de A_{max} , que se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$A_{max} = \ln(S * Z)$$

Para estandarizar el valor de A_{max} se aplicó la siguiente expresión:

$$A_{rel} = A / \ln(S * Z) * 100$$

RESULTADOS

Se registraron 24 especies arbóreas en total, distribuidas en siete familias (Tabla 1). La familia más representativa fue *Pinaceae* con once especies, seguida de las familias *Fagaceae* con siete especies, *Cupressaceae* con 2 especies cada una. Estas tres familias incluyeron tres géneros y 20 especies, lo que constituye el 95.9 % de la vegetación registrada en los 24305 sitios de muestreo

Tabla 1. Nombre científico y familia de las especies registradas en el ejido la Victoria, Durango, México

Especie	Familia
<i>Pinus cooperi</i>	Pinaceae
<i>Pinus durangensis</i>	Pinaceae
<i>Pinus leiophylla</i>	Pinaceae
<i>Pinus teocote</i>	Pinaceae
<i>Pinus engelmannii</i>	Pinaceae
<i>Pinus lumholtzii</i>	Pinaceae
<i>Pinus ayacahuite</i>	Pinaceae
<i>Pinus douglasiana</i>	Pinaceae
<i>Pinus herrerae</i>	Pinaceae
<i>seudotsuga menziesii</i>	Pinaceae
<i>Abies durangensis</i>	Pinaceae

<i>Juniperus deppeana</i>	Cupressaceae
<i>Cupressus lindleyi</i>	Cupressaceae
<i>Quercus sideroxyla</i>	Fagaceae
<i>Quercus durifolia</i>	Fagaceae
<i>Quercus obtusata</i>	Fagaceae
<i>Quercus coccolobifolia</i>	Fagaceae
<i>Quercus viminea</i>	Fagaceae
<i>Quercus candicans</i>	Fagaceae
<i>Quercus rugosa</i>	Fagaceae
<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae
<i>Arbutus xalapensis</i>	Ericaceae
<i>Prunus serotina</i>	Rosaceae
<i>Populus tremuloides</i>	Salicaceae

La comunidad arbórea del área de estudio tuvo una densidad promedio de 584 individuos ha^{-1} . La familia Pinaceae fue la más abundante con densidad promedio de 361 árboles ha^{-1} , representando el 61.81 % del total, seguida de la familia Fagaceae con el 23.45% del total y densidad promedio de 137 árboles ha^{-1} (Tabla 2).

La interpolación (IDW) realizada con los datos de abundancia (Fig. 2A) muestra diversos focos verdes, es decir, que el número de individuos es alto. Estos focos se encuentran distribuidos en varios sectores del área; sin embargo, las áreas con densidades más altas se encuentran al suroeste de la región estudiada, donde es posible encontrar sitios que van de los 65 hasta los 157 individuos que es la densidad máxima.

Para la dominancia (Fig. 2B), los resultados de la interpolación muestran en gran parte del área grandes focos color violeta, lo cual significa que hay mayor área basal debido a los esquemas de manejo silvícola que se programaron y los efectos requeridos, esto permite obtener la mayor productividad de los bosques. Los valores en dominancia máximos oscilan entre los 25 y 37.5 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, estos resultados se correlacionan positivamente con los tratamientos silvícolas que se aplican.

La figura 2C muestra el análisis espacial de la densidad de especies interpolada, se observa que el ejido la Victoria exhibe diversos manchones donde la diversidad es alta en términos relativos. Las áreas con mayor diversidad concuerdan con las áreas donde hay mayor dominancia. Los valores oscilan de 1 a 24 especies presentes, los primeros indican que existen áreas donde solo predomina una especie (rodales puros) mientras que el máximo número de especies se concentran solo en pequeñas áreas los valores dominantes en el número de especies se encuentran entre las 14 y 18 especies. La cartografía se elaboró con una resolución espacial de 100x100, por lo que cada pixel equivale a una hectárea.

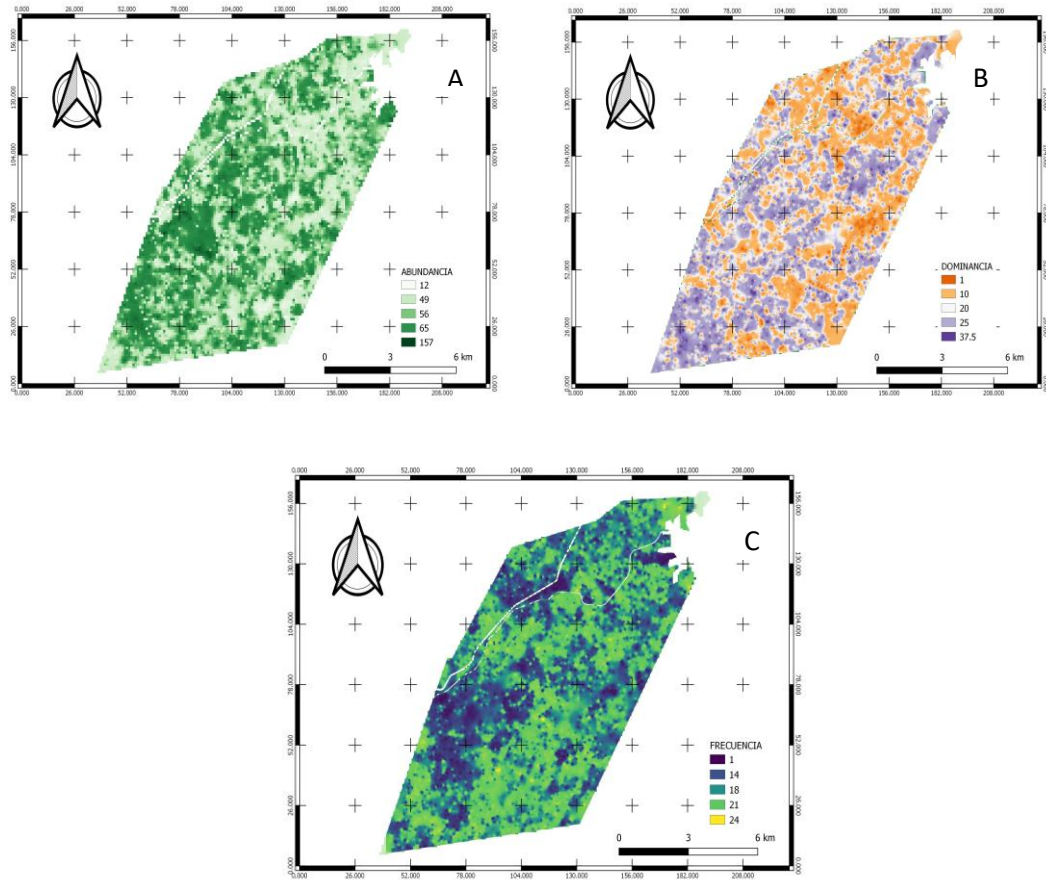


Fig. 2. Mapas de abundancia (A) dominancia (B) y frecuencia (C) con el método de interpolación IDW con resolución espacial de 100x100, para el ejido la Victoria, Durango, México.

Tabla 2. Abundancia, dominancia y frecuencia por género de las especies registradas en el área de estudio.

Familia	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Absoluta (n ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (m ² ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (N)	Relativa (%)	
Pinaceae	361	61.81	23.82	63.36	14132	58.14	185.89
Cupressaceae	62	10.61	3.75	9.97	3664	15.07	34.51
Fagaceae	137	23.45	8.88	23.62	3880	15.96	61.59
Betulaceae	1	0.17	0.30	0.79	142	0.58	0.86
Ericaceae	21	3.59	.84	2.23	2483	10.21	16.77
Rosaceae	1	0.17	0.005	0.013	3	0.012	0.18
Salicaceae	1	0.17	0.001	0.002	1	0.004	0.17
total	584	100	37.59	100	24305	100	300

IVI= índice de valor de importancia, N= número de sitios donde se presenta la familia o especie

Las especies con mayor densidad fueron *Pinus cooperi* (188.89 individuos ha^{-1}) que corresponde al 27% del total, seguido de *Quercus sideroxyla* (130 individuos ha^{-1}); con 12.5% del total se encuentra *Pinus durangensis* que equivale a 73 árboles ha^{-1} , *Pinus ayacahuite* con 69 individuos por ha^{-1} que corresponde al 11.81% de la muestra, mientras que las demás especies muestreadas rondan porcentajes de 0.17% a 10.4%, que corresponden a 1 y 61 individuos ha^{-1} (Tabla 2).

Se tuvo una dominancia absoluta de $37.59 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. La familia Pinaceae fue la de mayor dominancia relativa ($23.82 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) con 63.36% del total, seguida de la familia Fagaceae que tuvo una dominancia relativa de $8.88 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, lo que equivale a 23.62% del total (Tabla 2). Las especies con mayor área basal fueron *P. cooperi* ($8.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) con 32.97%, *Pinus durangensis* ($4.23 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) con 9.35%, *Q. sideroxyla* ($6.03 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) con 13.32% y *Arbutus xalapensis* ($0.863 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) con 18.63% que suman en total 74.27% de las especies encontradas (Tabla 3).

El dendrograma derivado de la matriz de similitud-disimilitud de Bray-Curtis (Fig. 3) presenta agrupados a los sitios de muestreo más representativos con base en el número de especies presentes, lo cuales conforman 3 grandes grupos bien definidos con base en la similitud. El primero está integrado por un solo sitio cuyo componente arbóreo corresponde a una composición de tres familias Pinaceae, Fagaceae y Ericaceae con 17.7% de similitud. El segundo grupo está conformado por 42 sitios con 54.3% de similitud, y una composición de pino-encino. El grupo 3 está conformado por 56 sitios y es el grupo con mayor número de sitios y tiene una similitud de 45.7%. Las agrupaciones están influidas por el número de individuos de cada especie y con la composición florística que se presenta en el área de estudio.

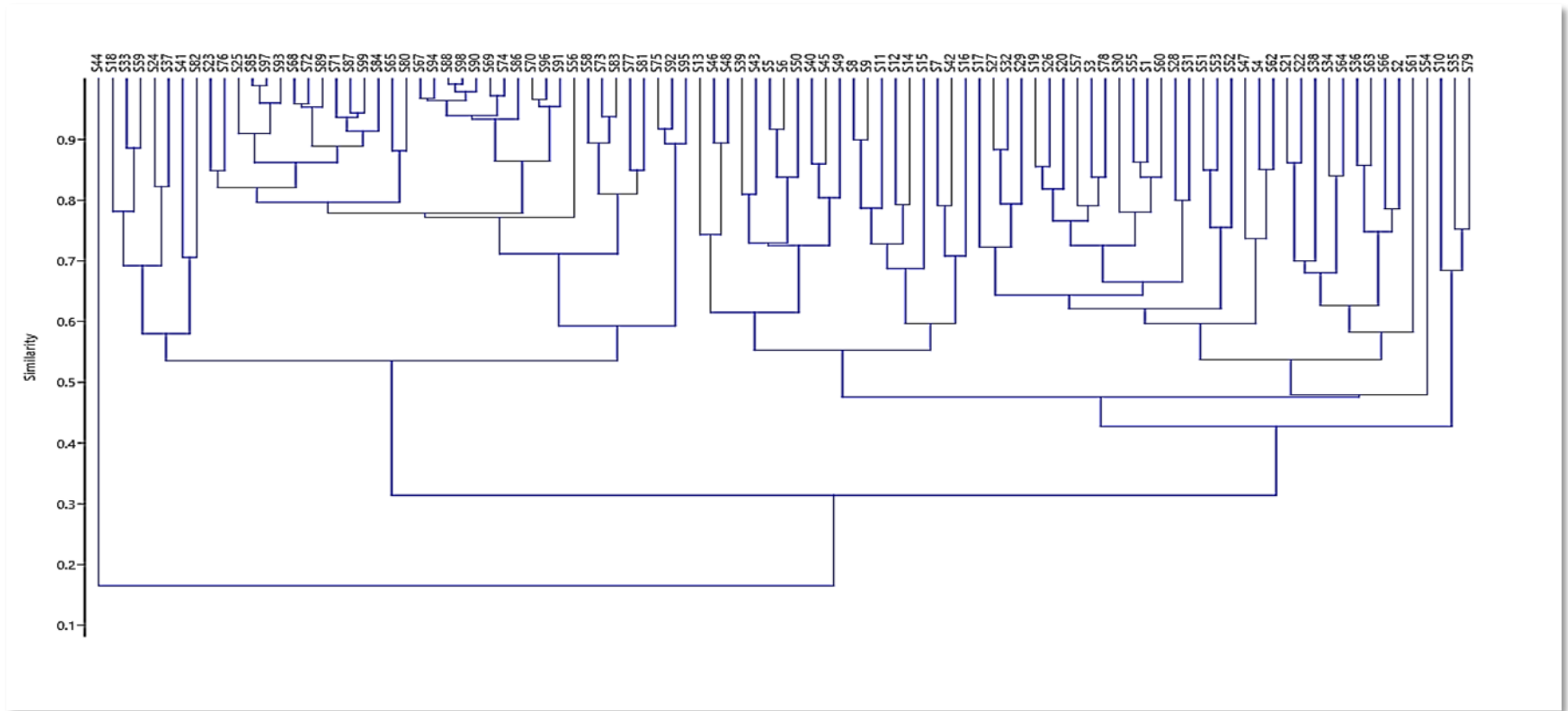


Fig. 3. Dendrograma de similitud-disimilitud Bray-Curtis de los sitios más representativos del área de estudio.

La riqueza y diversidad específica de la comunidad arbórea estudiada de 24 especies presentó un valor en el índice de Margalef de 2.67. En relación al valor de diversidad de especies, el valor del índice de Shannon fue de 2.85. Con base en los resultados el área se puede definir como de mediana diversidad arbórea.

En cuanto a la estructura vertical se distribuye en tres estratos, de los cuales el superior (I: >80% de la altura máxima) donde se encontraron 12 especies y fue dominado por *P. cooperi* y *P. durangensis* con las alturas más destacadas de 38 y 35.4 m. Las alturas más bajas en el estrato correspondieron a *Q. sideroxyla* y *P. cooperi*; cabe destacar que las alturas mínimas fueron superiores a 24 metros

En el estrato II (>50%-80 %) domina *P. cooperi*, con alturas de 12 a 24.6 m. Sin embargo, comienzan a estar presentes otras especies, tales como *Q. viminea*, *Q. candicans*, *A. acuminata*, *A. xalapensis*, etc. con alturas de 17 a 24 m. En total, se encontraron 21 especies, siendo las dominantes los géneros *Pinus* y *Quercus*.

El estrato III (hasta 50 %) están presentes las 24 especies reportadas en el presente estudio, las especies dominantes en altura corresponden al género *Pinus* (*P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. teocote*) cuyas alturas rondan de 1.80 m a 11.9 m.

El índice A tuvo valores de 2.63 con valor A_{max} de 3.94 y A_{rel} de 68%, lo que indica que la zona evaluada presenta uniformidad media en la diversidad de alturas. Valores de A_{rel} cercanos a 100% indican que todas las especies se encuentran distribuidas de forma equitativa en los tres estratos de altura.

Tabla 3. Características estructurales para las especies registradas en el ejido La Victoria.

Especie	Familia	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI (%)
		Absoluta (n ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (m ² ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (N)	Relativa (%)	
<i>Pinus cooperi</i>	Pinaceae	158	27.05	8.55	18.87	3844	15.81	61.73
<i>Pinus durangensis</i>	Pinaceae	73	12.5	4.23	9.35	2898	11.92	33.77
<i>Pinus leiophylla</i>	Pinaceae	17	2.91	0.84	1.87	1462	6.01	10.79
<i>Pinus teocote</i>	Pinaceae	38	6.50	1.90	4.20	2262	9.30	20
<i>Pinus engelmannii</i>	Pinaceae	1	0.17	3.91	8.63	63	0.25	9.05
<i>Pinus lumholtzii</i>	Pinaceae	1	0.17	0.089	0.19	24	0.09	0.45
<i>Pinus ayacahuite</i>	Pinaceae	69	11.81	3.08	6.81	3464	14.25	32.87
<i>Pinus douglasiana</i>	Pinaceae	1	0.17	0.016	0.035	4	0.01	0.215
<i>Pinus herrerae</i>	Pinaceae	1	0.17	0.37	0.82	31	0.12	1.11
<i>Juniperus deppeana</i>	Cupressaceae	61	10.44	2.50	5.52	3652	15.02	30.98
<i>Cupressus lindleyi</i>	Cupressaceae	1	0.17	1.25	2.75	12	0.04	2.96
<i>seudotsuga menziesii</i>	Pinaceae	1	0.17	0.80	1.7	64	0.26	2.13
<i>Abies durangensis</i>	Pinaceae	1	0.17	0.052	0.11	16	0.06	0.34
<i>Quercus sideroxyla</i>	Fagaceae	130	22.22	6.03	13.32	3530	14.52	50.06
<i>Quercus durifolia</i>	Fagaceae	1	0.17	0.86	1.91	85	0.34	2.42
<i>Quercus obtusata</i>	Fagaceae	1	0.17	0.32	0.71	26	0.10	0.98

<i>Quercus coccolobifolia</i>	Fagaceae	1	0.17	0.44	0.99	71	0.29	1.45
<i>Quercus viminea</i>	Fagaceae	1	0.17	0.49	1.08	36	0.14	1.39
<i>Quercus candicans</i>	Fagaceae	1	0.17	0.74	1.64	131	0.53	2.34
<i>Quercus rugosa</i>	Fagaceae	2	0.34	0.004	0.008	1	0.00	0.348
<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	1	0.17	0.30	0.67	142	0.58	1.42
<i>Arbutus xalapensis</i>	Ericaceae	21	3.59	.843	18.63	2483	10.21	32.43
<i>Prunus serotina</i>	Rosaceae	1	0.17	0.005	0.01	3	0.01	0.19
<i>Populus tremuloides</i>	Salicaceae	1	0.17	0.001	0.002	1	0.00	0.172
Total		584	100	37.59	100	24305	100	300

IVI = Índice de valor de importancia, N= número de sitios donde se presenta la familia o especie

DISCUSIÓN

Las estructura y diversidad de un bosque natural son de las principales variables que se deben tomar en cuenta en el manejo de los recursos forestales, pues aportan bases para la toma de decisiones para un mejor aprovechamiento forestal (Gavilan y Rubio, 2005; Lopez *et al.*, 2017).

López *et al.* (2017) encontraron también que el género *Pinus* tiene mayor abundancia en los bosques templados bajo manejo. En este estudio se registraron 24 especies, cantidad inferior a las 27 especies registradas por Linares *et al.* (1999) en bosque de pino-encino en el estado de Durango.

Por su estructura y diversidad el bosque estudiado corresponde a un bosque típico de pino-encino de la Sierra Madre Occidental. Se encontraron las mismas familias dominantes reportadas para la Sierra Madre Occidental del estado de Durango, las cuales son *Pinaceae* y *Fagaceae* (Aragón-Piña *et al.* 2010).

Las especies con mayor importancia por el área basal que ocupan fueron *P. durangensis*, *P. cooperi*, *P. ayacahuite* *Q. sideroxyla* y *J. Deppeana* (83%); estas especies han sido reportadas como las de mayor área basal en bosques de pino-encino del estado de Durango (Valenzuela y Granados, 2009).

Con base en la similitud florística se presentan resultados que contrastan a diferentes estudios, debido a que se presentan mayores porcentajes en el presente estudio. Esto difiere con lo reportado por Dominguez-Gomez *et al.* (2018) quien analizó 4 sitios en la zona serrana de Durango, quien encontró principalmente especies de *Pinus* y *Quercus*, pero de acuerdo al dendrograma de similitud se aprecia porcentajes bajos de similitud que rondan entre 12.94% y 29.81% esto puede deberse a la poca información recabada o a la composición florística que hay entre las áreas de estudio.

La interpolación inversa de la distancia (IDW) se utiliza comúnmente en los estudios relacionados con hidrología y climáticos, por ejemplo, en la estimación de la precipitación, pero existen trabajos relacionados con la riqueza y distribución de flora como el realizado por Castro *et al.* (2018), quienes analizaron la composición de la diversidad vegetal en la ciudad de Santiago de Chile, encontrando que las especies exóticas ocupan un 85% del área y solo un 15% las especies nativas.

Los resultados difieren con lo reportado por Graciano-Ávila *et al.* (2017) en el ejido la Victoria, municipio de Pueblo Nuevo, quien encontró 12 especies que representan un 50% menos especies de lo que se reporta en el presente estudio. Los valores a partir de los índices de Margalef y Shannon son inferiores (Dmg 1.53 y H' 1.74) que corresponde a una riqueza y diversidad baja, mientras que con un muestreo más intensivo se obtuvieron valores por encima de 2, esto significa una diversidad y riqueza mediana.

La estructura vertical en un bosque de pino-encino por lo regular presenta uniformidad en las alturas debido a los tratamientos que en ellos se aplican, hecho que difiere con Camacho *et al.* (2014) quienes encontraron valores del índice A es de 2.01 con un A_{max} de 3.74 y un A_{rel} de 54%, lo que indica que la distribución de las especies en los estratos de altura se encuentra en 46% de la máxima diferenciación dimensional, lo cual se presenta que el rodal es no uniforme en cuanto a las alturas.

El índice de Pretzsch se ha utilizado en diferentes áreas como en el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET). Un estudio realizado por Mora-Donjuán *et al.* (2014) quienes obtuvieron valores A de 2.04 con un A_{max} de 3.08 y un A_{rel} de 53.8% lo que indica diversidad estructural media en los estratos de altura. Estos resultados muestran similitudes con los presentados por Alanís-Rodríguez *et al.* (2010) y García *et al.* (2005).

CONCLUSIONES

El bosque templado estudiado presenta un valor medio en cuanto a riqueza específica y diversidad de especies arbóreas. Las familias con mayor importancia por su contribución estructural a este bosque son Pinaceae y Fagaceae, los géneros *Pinus* y *Quercus* son los más importantes. Mientras que las especies más importantes son *P. cooperi*, *P. durangensis* y *Q. sideroxylla*. En cuando al índice de distribución vertical se tiene que la vegetación presenta una diversidad uniforme en los estratos, es decir, en un 68% de A_{rel} .

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al ejido la victoria y a la unidad de prestación de servicios ejidales de El Salto, Dgo., A.C. (UPSE) por proporcionar la información para realizar la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y bosques*, 21, 17-28.
DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>
- Alanís-Rodríguez E, J. Jiménez., M. Pando, O.A. Aguirre, E. J. Treviño y P. Canizales. (2010). Caracterización de la diversidad arbórea en áreas Restauradas post-incendio en el parque ecológico Chipinque, México” *Acta biológica*. Colombia. 15, 309-324.
- Alanís-Rodríguez, E., L. Sánchez-Castillo, C. Méndez-Osorio, P. Canizales-Velázquez, A. Mora-Olivo y E. A. Rubio-Camacho. (2020). Structure and diversity of trees on post-fire regenerated areas in Sierra de Guerrero, Mexico. *Botanical Sciences*, 98, 210-218.
DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2220>
- Aragón-Hernández, J. L., Aguilar-Martínez, G. A., Velázquez-Ríos, U., Jiménez-Magaña, M. R., & Maya-Franco, A. (2019). Distribución espacial de variables hidrológicas. Implementación y evaluación de métodos de interpolación. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(2), 1-17.
- Aragón-Piña, E. E., Garza-Herrera, A., González-Elizondo, M. S., & Luna-Vega, I. (2010). Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguero, en

- la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(3), 771-787.
- Ávila, G. G., E. A. Rodríguez, O. A. Calderón, M. A. Tagle, E. T. Garza, A. M. Olivo, y J. Coral-Rivas. (2020). Cambios en la composición y estructura de especies arbóreas en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botanica Mexicana*, 127. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1522>
- Bray, J. R. y J. T. Curtis. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs* 27, 325-349. DOI: 10.2307/1942268
- Bye, R. (1995). Prominence of the Sierra Madre Occidental in the biological diversity of Mexico. *Biodiversity and management of the Madrean Archipelago: The sky islands of the southwestern United States and northwestern México*, 19, 27. DOI: 10.2737/RM-GTR-264
- Cabrera, G. D., Ó. A. Calderón, F. J. Hernández, y J. J. Pérez. (2007). Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques*, 13, 35-46. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2007.1311234>
- Camacho, R.A., M.A. González-Tagle, J. Jiménez-Pérez, E. Alanís-Rodríguez, D.Y. Ávila-Flores. (2014). Diversidad y distribución vertical de especies vegetales mediante el índice de Pretzsch. *Ciencia UANL* 17, 34-41.
- Campo, A. M., V. S. Duval. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural: Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). DOI: http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071
- Castro, S. A., N. Guerreo-Leiva, M. Bolados, y J. A. Figueroa. (2018). Riqueza y distribución de la flora urbana de Santiago de Chile: una aproximación basada en interpolación IDW. *Cuaderno de Pesquisa*, 30(1), 41-54. DOI: 10.17058/cp.v30i1.12198
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). (2009). Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. Zapopan, Jal. México. 69 p.
- Corral, J., Ó. A. Aguirre, J. Jiménez y S. Corral. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14, 217-228
- Domínguez- Gómez, T. G., B. N. Hernández- González, H. González -Rodríguez, I. Cantú-Silva, E. Alanís- Rodríguez, y M. D. S Alvarado. (2018). Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9, 9-34. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.227>
- García, R. V., Petersen, P. B., Rodríguez, A. G., Pérez, A. L. S., & Martínez, F. M. H. (2005). Caracterización estructural y diversidad de comunidades arbóreas de La Sierra de Quila. *Ibugana: Boletín del Instituto de Botánica*, 13(1), 67-76.
- Gavilán, R. G. y A. Rubio. (2005). ¿Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal? *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 20, 93-98.
- González-Elizondo, M., E. González y L. Márquez. (2007). Vegetación y ecorregiones de Durango. México, D. F.: Instituto Politécnico Nacional. 165p.
- González-Elizondo, M., J. Tena-Flores, L. Ruacho-González, y I. López-Enríquez. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*, 100, 351-403.
- González-Ramírez, M., S. Zaragoza-Caballero, y C. X. Pérez-Hernández. (2017). Análisis de la diversidad de Coleoptera en el bosque tropical caducifolio en Acahizotla, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 381-388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.008>
- Graciano-Ávila, G., E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, E. J. Treviño-Garza, & A. Mora-Olivo. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y bosques*, 23, 137-146. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>

Recibido:
10/septiembre/2021

Aceptado:
16/mayo/2022

- Granados-Sánchez, D., G. F. López-Ríos, y M. A. Hernández-García. (2007). Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 13, 67-83.
- Hernández-Salas, J., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, E. J. Treviño-Garza, M. A. González-Tagle, C. Luján-Álvarez, J. M. Olivas-García, y A. Domínguez-Pereda. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19, 189-200. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1984). Carta topográfica. Escala 1:50,000. El Salto, Durango. F13-A18 spp. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2003). Conjunto de datos vectoriales de la carta de vegetación primaria 1: 1 000 000. Aguascalientes, México. s/p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2009). Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación: escala 1: 250 000. Serie III. Aguascalientes, Ags., México. 74 p.
- Jiménez, J., Ó. A. Aguirre y H. Kramer. (2008). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 10, 355-366.
- Linares, M. A. M., Elizondo, S. G., & Zagoya, R. A. (1999). Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, Méx. *Madera y Bosques*, 5, 67-78.
- López-Hernández, J. A., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Monarrez-Gonzalez, M. A. González-Tagle, y J. Jiménez-Pérez. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y bosques*, 23, 39-51. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Magurran, A. E. (1989). Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. Barcelona, España. 200 p.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOP; Santa Cruz, Bolivia. 87p.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31, 583-590.
- Quijada, G. E. M., Balderas, J. M. M., Garza, E. J. T., Calderón, Ó. A. A., Rodríguez, E. A., & Yamalle, J. I. Y. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11, 95-123 DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>
- Ramos-Reyes J, E. J. Treviño Garza, E. Buendía Rodríguez, O. A. Aguirre Calderón, y López J. I. Martínez. (2017). Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8, 64-88. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i43.66>
- Rentería-Arrieta, L.I. y E. Montiel-Antuna. (2017). Áreas naturales protegidas. En: La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado. CONABIO, México. 129-171p
- Shannon, C.E. y W. Weaver. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144pp.
- Silva-García, J. E., Aguirre Calderón, O. A., Alanís Rodríguez, E., Jurado Ybarra, E., Jiménez Pérez, J., y Vargas Larreta, B. (2021). Estructura y diversidad de especies arbóreas en un Bosque templado del Noroeste de México. *Polibotánica*, 52, 89-102.
- Valenzuela-Nuñez, L. M., y D. Granados Sánchez. (2009). Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 15, 29-41.
- Zarco-Espinosa, V. M., J. I. Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 26, 1-17. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a26n1.179>