

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE ESPECIES ARBÓREAS EN TRES TIPOS DE VEGETACIÓN FORESTAL AL SUR DE DURANGO, MÉXICO

DIVERSITY AND STRUCTURE OF TREE SPECIES IN THREE TYPES OF FOREST VEGETATION IN SOUTHERN DURANGO, MEXICO

**Silva-González, Edgar; José Guadalupe Colín; Oscar Alberto Aguirre-Calderón;
Eduardo Javier Treviño-Garza; José Javier Corral-Rivas y Gyorgy Eduardo
Manzanilla-Quijada**

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE ESPECIES ARBÓREAS EN TRES TIPOS DE
VEGETACIÓN FORESTAL AL SUR DE DURANGO, MÉXICO

DIVERSITY AND STRUCTURE OF TREE SPECIES IN THREE TYPES OF FOREST
VEGETATION IN SOUTHERN DURANGO, MEXICO



Diversidad y estructura de especies arbóreas en tres tipos de vegetación forestal al sur de Durango, México

Diversity and structure of tree species in three types of forest vegetation south of Durango, Mexico

Edgar Silva-González;
José Guadalupe Colín;
Oscar Alberto Aguirre-
Calderón; Eduardo Javier
Treviño-Garza; José Javier
Corral-Rivas y Gyorgy
Eduardo Manzanilla-Quijada

DIVERSIDAD Y
ESTRUCTURA DE
ESPECIES ARBÓREAS EN
TRES TIPOS DE
VEGETACIÓN FORESTAL
AL SUR DE DURANGO,
MÉXICO

DIVERSITY AND
STRUCTURE OF TREE
SPECIES IN THREE TYPES
OF FOREST VEGETATION
IN SOUTHERN DURANGO,
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 58: 103-118. Julio 2024

DOI:
10.18387/polibotanica.58.7

Edgar Silva-González <http://orcid.org/0000-0002-8624-3040>

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

José Guadalupe Colín. *Autor para correspondencia:* jose_colin8@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6992-3511>

Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, México

Oscar Alberto Aguirre-Calderón <https://orcid.org/0000-0001-5668-8869>

Eduardo Javier Treviño-Garza <http://orcid.org/0000-0002-8921-857X>

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

José Javier Corral-Rivas, <http://orcid.org/0000-0002-2851-7517>

*Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Forestales,
Durango, Durango, México*

Gyorgy Eduardo Manzanilla-Quijada, <https://orcid.org/0000-0002-2806-8352>

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales,
Morelia, Michoacán, México*

RESUMEN: El objetivo de la presente investigación fue evaluar la diversidad, estructura horizontal y estructura vertical de especies arbóreas en tres tipos de vegetación forestal en el ejido Adolfo Ruíz Cortines al sur del estado de Durango, México. Los datos analizados corresponden a 665 sitios circulares de 0.1 ha; 56 sitios correspondientes a bosques de pino (BP), 511 a bosques de pino encino (BPQ) y 98 a bosques de encino pino (BQP). Para cada sitio se registró el nombre de la especie, el diámetro normal (>7.5 cm) y la altura total (m) de los árboles. Para las especies, en cada tipo de vegetación, se determinó su diversidad mediante el índice de Shannon, dominancia con el índice de Simpson y riqueza específica utilizando el índice de Margalef. Se realizó una prueba de similitud o diferencia en la diversidad-abundancia t de *Hutchenson* para comparar la diversidad de especies entre los tipos de vegetación utilizando el índice de Shannon, para conocer si existen diferencias estadísticas significativas entre la diversidad de especies de los tipos de vegetación. Para conocer la estructura horizontal se obtuvo el índice de valor de importancia (IVI), el cual es un índice jerárquico que mide la dominancia de las especies mediante valores porcentuales, los cuales son obtenidos con la abundancia A_i , dominancia D_i y frecuencia F_i de las especies, dichos parámetros ecológicos se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar si existen diferencias estadísticas significativas. La estructura vertical se determinó con el índice de distribución vertical de especies A . La prueba de t de *Hutchenson* demostró que existen diferencias estadísticas significativas en la diversidad arbórea de los tipos de bosque. De acuerdo con la estructura horizontal, sólo las frecuencias absolutas registraron cambios estadísticos significativos entre los tres tipos de vegetación (BP-BPQ-BQP). Los valores del índice vertical de especies A , indicaron que para los tres tipos de vegetación se presenta una comunidad vegetal no uniforme en cuanto a sus alturas, presentando un mayor número de individuos en el estrato inferior, seguido del estrato medio, para finalmente tener una cantidad menor en el estrato de altura mayor. La información generada en esta investigación proporciona

un marco de referencia sobre cómo se conforma la estructura arbórea en los tipos de vegetación del ejido, así como la base para futuras tomas de decisión sobre planes de manejo forestal.

Palabras clave: distribución vertical; dominancia; especies arbóreas; riqueza específica; valor de importancia.

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the diversity, horizontal structure and vertical structure of tree species in three types of forest vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the south of the state of Durango, Mexico. The data analyzed corresponds to 665 circular sites of 0.1 ha; 56 sites correspond to pine forests (BP), 511 to pine oak forests (BPQ) and 98 to pine oak forests (BQP). For each site, the name of the species, the normal diameter (>7.5 cm) and the total height (m) of the trees were recorded. For the tree species in each type of vegetation, their diversity was determined using the Shannon index, their dominance with the Simpson index and their specific richness using the Margalef index. Subsequently, a test of over similarity or difference in the diversity-abundance Hutchenson's t was carried out to compare the diversity of species between the vegetation types using the Shannon index, to know if there are significant statistical differences between the diversity of species of the types of vegetation. To know the horizontal structure, the importance value index (IVI) was obtained, which is a hierarchical index that measures the dominance of the species through percentage values, which are obtained with the abundance A_i , dominance D_i and frequency F_i of the species. species, these ecological parameters were analyzed with the non-parametric Kruskal-Wallis test to determine if there are significant statistical differences. The vertical structure was determined with the species vertical distribution index A. Hutchenson's t test demonstrated that there are significant statistical differences in the tree diversity of the forest types. According to the horizontal structure, only the absolute frequencies recorded significant statistical changes between the three vegetation types (BP-BPQ-BQP). The values of the vertical index of species A indicated that for the three types of vegetation there is a non-uniform plant community in terms of height, presenting a greater number of individuals in the lower stratum, followed by the middle stratum, to finally have a smaller amount in the higher altitude stratum. The information generated in this research provides a frame of reference on how the tree structure is formed in the vegetation types of the ejido, as well as the basis for future decision-making on forest management plans.

Key words: vertical distribution; dominance; tree species; species richness; importance value.

INTRODUCCIÓN

Los bosques templados son uno de los ecosistemas de mayor importancia para la diversidad biológica en el mundo, ya que representan el 15% de la superficie terrestre (Del-Val & Sáenz-Romero, 2017). Además, proveen bienes y servicios ecosistémicos, siendo un eje de desarrollo económico en diferentes escalas globales (Vásquez-Cortez *et al.*, 2018).

La importancia ecológica de las comunidades vegetales radica en la distinción y complejidad entre regiones con una fisiografía heterogénea, por lo que su estudio es fundamental para caracterizar el estrato arbóreo o arbustivo. Además, forman grupos de plantas, árboles o arbustos cuya fisonomía, estructura y composición de especies destaca en alguna región determinada. Por ello, la descripción y evaluación de las comunidades vegetales en su conjunto es esencial para entender el funcionamiento de los ecosistemas en cualquier región (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020).

La caracterización estructural del estrato arbóreo es importante para conocer la diversidad y composición de especies en un bosque y su resiliencia ante perturbaciones de origen natural o antropogénicas. Por lo que, al entender su funcionamiento, se pueden aportar elementos de decisión para contribuir al manejo forestal sustentable (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008; Corral-Rivas *et al.*, 2005; Graciano *et al.*, 2017; Silva-García *et al.*, 2021; Solís-Moreno *et al.*, 2006). Además, la estructura horizontal y vertical son consideradas una buena práctica

de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados (Aguirre-Calderón, 2015; Graciano-Ávila *et al.*, 2020).

En el estado de Durango se han realizado diferentes estudios enfocados en la evaluación y análisis de la diversidad y estructura de especies arbóreas, los cuales hacen referencia a un número reducido de sitios de muestreo, sin considerar áreas con superficies grandes o evaluar diferentes tipos de vegetación, que influyen en la valoración de la diversidad mediante la comparación de la estructura arbórea (Delgado-Zamora *et al.*, 2016; Domínguez-Gómez *et al.*, 2018; Graciano *et al.*, 2017; Silva-García *et al.*, 2021). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la diversidad y estructura de especies arbóreas en tres tipos de vegetación forestal en Durango, México, para conocer si existen diferencias entre las comunidades vegetales.

MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la región forestal de El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo del estado de Durango, específicamente, en el ejido Adolfo Ruíz Cortines. Cuenta con una superficie de 4 018.23 ha, de las cuales 2 935.19 ha son áreas bajo manejo forestal mediante el método silvícola MMOBI (Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares). Se encuentra enmarcado geográficamente entre los paralelos 23° 45' 23" y 23° 43' 23" de latitud Norte y los meridianos 105° 14' 6.81" y 105° 18' 3.02" de longitud Oeste (Figura 1).

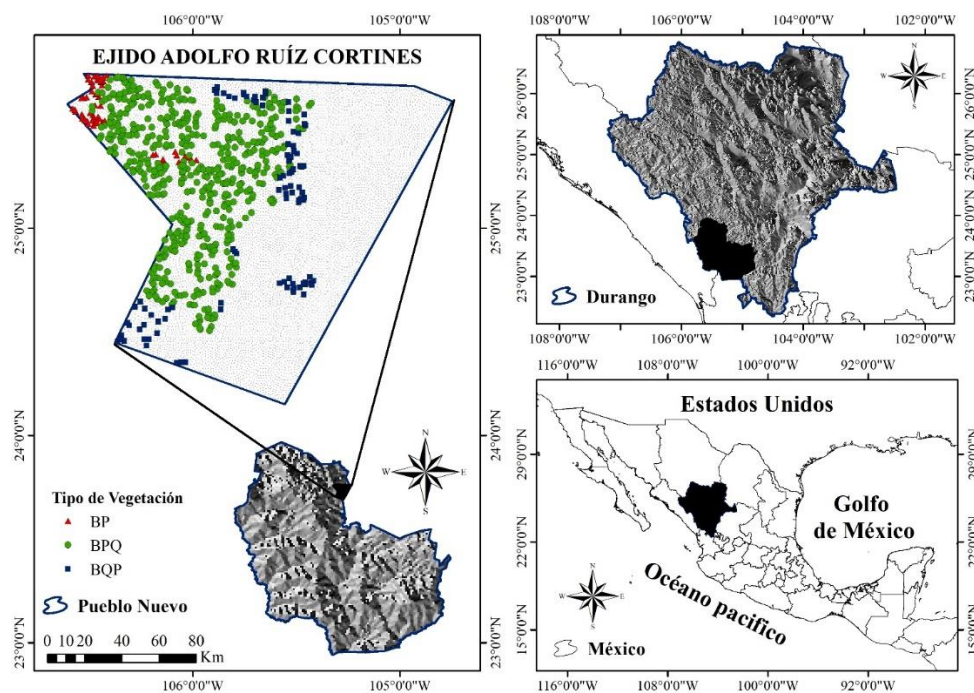


Figura 1. Sitios de muestreo para tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. BP: Bosque de pino, BPQ: Bosque de pino-encino; BQP: bosque de encino-pino.
Figure 1. Sampling sites for three types of vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. BP: Pine forest, BPQ: Pine-oak forest; BQP: oak-pine forest.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen adaptada para México por García (1981), los tipos de clima en la zona son templado subhúmedo y semifrío subhúmedo, con precipitación en verano e invierno entre 5 y 10.2 mm. Los tipos de suelo dentro del área estudiada son Regosol y Litosol. La altura sobre el nivel del mar se encuentra entre 1 600 y 2 600 m. La vegetación del ejido comprende tres tipos: bosques de pino (BP - 64.72 ha), bosques de pino encino (BPQ - 2 770.42 ha) y bosques de encino pino (BQP - 100.05 ha). El resto son áreas dedicadas a otros usos como: conservación, restauración y protección, cubriendo un total de 1 083.04 ha de acuerdo al programa de manejo forestal 2017-2026 del ejido Adolfo Ruíz Cortines.

Análisis de la información

Dentro del área de estudio se obtuvo información silvícola y dasométrica de 655 sitios circulares de 0.1 ha mediante un muestreo aleatorio, donde se registró la siguiente información dasométrica: nombre de la especie, diámetro normal mayor a 7.5 cm y la altura total (m) de todos los árboles censados en los sitios. El área perteneciente a BP incluyó un total de 56 sitios, para BPQ 511 sitios, en BQP se muestrearon 98 sitios. El área dedicada a otros usos (conservación, restauración y protección) fue excluida de muestreo, ya que solo se utilizó información de las áreas de aprovechamiento forestal de BP, BPQ y BQP.

Índices de diversidad, dominancia y riqueza de especies

La diversidad de especies se determinó en los tres tipos de vegetación, mediante el índice de Shannon (H'), el cual expresa la heterogeneidad de una comunidad considerando el número de especies presentes y su abundancia relativa (Shannon & Weaver, 1949). La dominancia de especies se obtuvo mediante el índice de Simpson (D), que representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Magurran, 1988). La riqueza específica se definió con el índice de Margalef (D_{Mg}), que se basa en la cuantificación del número de especies presentes en las áreas de estudio (Moreno, 2001). (Tabla 1).

Tabla 1. Índices de diversidad, dominancia y riqueza de especies estimados para los tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Table 1. Indices of diversity, dominance and species richness estimated for the three types of vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Índices	Ecuación	Donde:
Diversidad de Shannon (H')	$H' = \sum_{i=1}^S Pi * \ln(Pi)$	S = Número de especies presentes \ln = Logaritmo natural
Dominancia de Simpson (D)	$D = \sum Pi^2$	Pi = Proporción de los árboles de la especie i ; se obtiene mediante la relación ni/N (ni = Número de árboles de la especie i ; N = Número total de árboles).
Riqueza de Margalef (D_{Mg})	$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$	

La probable existencia de diferencias estadísticas significativas entre la diversidad de especies en los tipos de vegetación se evaluó con la prueba de similitud o diferencia en la diversidad-abundancia t de *Hutchenson*, mediante los valores obtenidos con el índice de Shannon, generada por la ecuación 1 y con los grados de libertad estimados mediante la ecuación 2

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\frac{VarH'_1 + VarH'_2}{2}}} \quad [1]$$

$$df = \frac{(VarH'_1 + VarH'_2)^2}{\left[\frac{(VarH'_1)^2}{N_1}\right] + \left[\frac{(VarH'_2)^2}{N_2}\right]} \quad [2]$$

Donde:

H' = diversidad del sitio n

$Var H'$ =varianza del sitio n

N =número total de árboles del sitio n

La estimación de las varianzas se efectuó con la ecuación 3.

$$VarH' = \frac{\sum pi(\ln pi)^2 - (\sum pi \ln pi)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2} \quad [3]$$

Estructura horizontal

La evaluación de la estructura horizontal se estimó a través del Índice de Valor de Importancia (IVI) para cada tipo de vegetación, en valores porcentuales con rangos de 0 a

100. El IVI es un índice sintético estructural desarrollado para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados, mediante la sumatoria de los parámetros estructurales de abundancia A_i , dominancia D_i y frecuencia F_i (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020). (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros estructurales e índice de valor de importancia estimados para los tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Table 2. Structural parameters and importance value index estimated for the three types of vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Parámetros e índice	Ecuación	Donde:
Abundancia	$A_i = \frac{N_i}{S} ;$ $AR_i = \left[\frac{A_i}{\sum A_i} \right] * 100$ $i = 1 \dots n$	A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i , con respecto a la abundancia total, N_i es el número de árboles de la especie i , y S la superficie de muestreo (ha).
Dominancia	$D_i = \frac{Ab}{S} ;$ $DR_i = \left[\frac{D_i}{\sum D_i} \right] * 100$ $i = 1 \dots n$	D_i es la dominancia absoluta, DR_i es la dominancia relativa de la especie i , con respecto a la dominancia total, Ab es el área basal de la especie i , y S la superficie (ha).
Frecuencia	$F_i = \frac{P_i}{NS} ;$ $FR_i = \left[\frac{F_i}{\sum F_i} \right] * 100$ $i = 1 \dots n$	F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i , con respecto a la frecuencia total, P_i es el número de sitios en la que la especie se encuentra presente i , y NS el número total de sitios de muestreo.
Índice de Valor de Importancia	$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$	

A cada parámetro ecológico (abundancia, dominancia y frecuencia) e IVI se le verificó la distribución normal de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene para realizar un ANOVA de un factor (igualdad de medias), o en su defecto la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (K-W) (igualdad de medianas), para determinar si existen estadísticas significativas entre los tipos de vegetación. El nivel de significancia para las pruebas fue $\alpha=0.05$. Los análisis se desarrollaron en el programa IBM SPSS Statistics 25.

Estructura vertical

Se obtuvo la estructura vertical mediante el índice de distribución vertical A de Pretzsch. Este índice considera tres estratos de altura: alto (I), con un intervalo del 80 al 100%; medio (II), con un intervalo del 50 al 80% y bajo (III), con un intervalo del 0 al 50% de la altura máxima del arbolado (Pretzsch, 2009). Cabe señalar que este índice es una modificación del índice de Shannon, el cual indica valores entre cero y un valor máximo A_{max} ; indicando que cuando un valor de $A=0$ significa que el rodal contiene una sola especie que ocurre en un sólo estrato, mientras, que un A_{max} se alcanzaría cuando un número alto de especies están presentes en la misma proporción, tanto en el rodal como en los diferentes estratos de altura (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020; Graciano *et al.*, 2017; Manzanilla-Quijada *et al.*, 2020; Silva-García *et al.*, 2021), representado mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

A = Índice de distribución vertical

S = Número de especies presentes

Z = Número de estratos de altura

P_{ij} = Porcentaje de especies en cada zona, se estima mediante la relación (n_{ij}/N ; n_{ij} = número de árboles de la especie i en el estrato j ; N = Número total de árboles)

Previo a la comparación, el índice de *Pretzsch* fue estandarizado, mediante el valor de A_{max} , determinado con la siguiente fórmula:

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

Finalmente, se estandarizó el valor de A acorde a su valor relativo (A_{rel}), mediante la siguiente ecuación:

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

RESULTADOS

De manera general, en el área de estudio se muestrearon un total de 42 125 árboles, correspondientes a 22 especies, 6 géneros y 5 familias; además de un taxón clasificado como otras hojosas. En el BP se registraron 15 especies, en BPQ 22 especies y en BQP 17 especies. (Tabla3).

Tabla 3. Especie, nombre común y familia registrados para los tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. La validez de los nombres científicos se corroboró con base en la plataforma The Plant List (2013).

Table 3. Species, common name and family recorded for the three types of vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. The validity of the scientific names was corroborated based on The Plant List platform (2013).

Especie	Nombre común	Familia	BP	BPQ	BQP
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	Butelaceae	X	X	
<i>Alnus</i> sp	Aliso	Butelaceae	X	X	
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Madroño	Ericaceae	X	X	X
<i>Cupressus</i> sp	Tascate	Cupressaceae		X	
<i>Junniperus deppeana</i> Steud.	Tascate	Cupressaceae	X	X	X
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltdl.	Pino cahuite	Pinaceae		X	
<i>Pinus chihuahuana</i> Engelm	Ocote chino	Pinaceae			X
<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	Pino chino	Pinaceae	X	X	
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	Pino alazán	Pinaceae	X	X	X
<i>Pinus engelmannii</i> Carrière	Pino real	Pinaceae	X	X	X
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino prieto	Pinaceae	X	X	X
<i>Pinus lumholtzii</i>	Pino triste	Pinaceae		X	X
<i>Pinus</i> spp	Pino	Pinaceae	X	X	X
<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	Pino rosillo	Pinaceae	X	X	X
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	Encino blanco	Fagaceae	X	X	X
<i>Quercus durifolia</i> Seem ex Loes.	Encino laurelillo	Fagaceae		X	X
<i>Quercus eduardii</i> Trel.	Encino blanco	Fagaceae		X	X
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	Palo chino	Fagaceae	X	X	X
<i>Quercus rugosa</i> Née.	Encino negro	Fagaceae		X	X
<i>Quercus sideroxila</i> Bonpl.	Encino colorado	Fagaceae	X	X	X
<i>Quercus splendens</i> Née	Encino	Fagaceae		X	X
<i>Quercus</i> spp	Encino	Fagaceae	X	X	X
Otras hojosas				X	

Diversidad, dominancia y riqueza de especies

La diversidad de especies mediante el índice de Shannon presentó los siguientes valores: $H' = 1.9$ BP, $H' = 2.09$ BPQ, y $H' = 2.12$ BQP; en relación con el índice de dominancia de Simpson los valores registrados fueron $D = 0.19$, $D = 0.15$ y $D = 0.16$, para BP, BPQ y BQP, respectivamente. La riqueza específica por estrato, estimada a través del índice de Margalef fue de: $D_{Mg} = 2.07$ en BP, $D_{Mg} = 3.25$ en BPQ y $D_{Mg} = 2.64$ en BQP.

La prueba de *Hutcheson* reveló diferencias estadísticas significativas entre los tipos de vegetación: BP– BPQ ($t = 4.36$, $t_{(\alpha=0.05, 1398)} = 1.98$); BP– BQP ($t = 4.18$, $t_{(\alpha=0.05, 820)} = 1.98$) y BPQ– BQP ($t = 0.48$, $t_{(\alpha=0.05, 881)} = 1.98$).

Estructura horizontal

El número de árboles registrado en BP fue de 862.68 N ha⁻¹, para BPQ 645.96 N ha⁻¹ y para BQP 430.71 N ha⁻¹, estos valores resultaron ser estadísticamente iguales mediante la prueba de K-W ($p = 0.43$).

La figura 2 representa los árboles por categoría diamétrica para los tres tipos de vegetación, los datos se encuentran sesgados a la derecha, característica de rodales jóvenes de la comunidad vegetal del área de estudio.

El AB (área basal) de las especies registradas resultó ser estadísticamente igual en los tres tipos de vegetación, mediante la prueba de K-W ($p = 0.61$). El BP presentó un AB de 22.44 m² ha⁻¹, en BPQ fue de 17.87 m² ha⁻¹, y para BQP de 12.88 m² ha⁻¹.

La frecuencia absoluta registrada en los tres tipos de vegetación presentó diferencias estadísticas significativas ($p = 0.018$).

Mediante el IVI, y de acuerdo con el p valor > 0.05 ($p = 0.462$), se demostró que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tres tipos de vegetación. En el área de BP el género *Pinus* presentó un 65.07% IVI; en BPQ, el género *Pinus* presentó un 45.21% de IVI y en BQP *Quercus* obtuvo un IVI de 49.53%, demostrando que el género de mayor representación para cada tipo de vegetación es el de mayor dominancia.

Tabla 4. Parámetros estructurales e IVI para los tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango (ordenados de manera descendente de acuerdo con el valor porcentual del IVI).

Table 4. Structural parameters and IVI for the three types of vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango (ordered in descending order according to the percentage value of the IVI).

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI (%)
	N ha ⁻¹	AR (%)	AB m ² ha ⁻¹	DR (%)	Fabs	FR (%)	
Bosque de pino (BP)							
<i>P. durangensis</i>	287.86	33.37	7.52	33.54	86.21	14.58	27.16
<i>P. leiophylla</i>	157.32	18.24	4.60	20.50	89.66	15.16	17.97
<i>Q. sideroxylla</i>	140.71	16.31	4.02	17.91	75.86	12.83	15.68
<i>P. teocote</i>	58.93	6.83	1.81	8.08	67.24	11.37	8.76
<i>P. cooperi</i>	83.39	9.67	1.82	8.09	34.48	5.83	7.86
<i>Q. rugosa</i>	55.54	6.44	1.26	5.59	50.00	8.45	6.83
<i>J. deppeana</i>	30.36	3.52	0.53	2.37	67.24	11.37	5.75
<i>A. xalapensis</i>	26.07	3.02	0.39	1.74	65.52	11.08	5.28
<i>P. engelmannii</i>	15.89	1.84	0.36	1.61	24.14	4.08	2.51
<i>Pinus</i> spp	1.96	0.23	0.04	0.16	12.07	2.04	0.81
<i>Quercus</i> spp	2.86	0.33	0.07	0.30	10.34	1.75	0.79
<i>A. acuminata</i>	0.36	0.04	0.00	0.01	3.45	0.58	0.21
<i>Alnus</i> sp	1.07	0.12	0.01	0.06	1.72	0.29	0.16
<i>Q. crassifolia</i>	0.18	0.02	0.01	0.03	1.72	0.29	0.11

<i>Q. laeta</i>	0.18	0.02	0.00	0.01	1.72	0.29	0.11
Total	862.68	100.00	22.44	100.00	591.38	100.00	100.00
Bosque de pino-encino (BPQ)							
<i>Q. rugosa</i>	163.24	25.27	3.72	20.79	31.05	6.01	17.36
<i>P. leiophylla</i>	117.58	18.20	3.88	21.70	50.20	9.72	16.54
<i>Q. sideroxylla</i>	115.98	17.95	2.90	16.23	37.30	7.22	13.80
<i>A. xalapensis</i>	62.56	9.68	1.13	6.33	87.70	16.98	11.00
<i>P. teocote</i>	40.57	6.28	1.61	8.98	66.21	12.82	9.36
<i>P. durangensis</i>	46.23	7.16	1.63	9.12	54.69	10.59	8.95
<i>P. engelmannii</i>	35.74	5.53	1.46	8.16	66.60	12.90	8.86
<i>J. deppeana</i>	30.94	4.79	0.47	2.65	59.96	11.61	6.35
<i>Q. durifolia</i>	18.71	2.90	0.59	3.27	26.95	5.22	3.80
<i>Q. laeta</i>	4.98	0.77	0.20	1.13	5.86	1.13	1.01
<i>P. cooperi</i>	1.88	0.29	0.11	0.60	5.08	0.98	0.62
<i>Quercus spp</i>	0.92	0.14	0.02	0.10	6.05	1.17	0.47
<i>Q. eduardii</i>	1.17	0.18	0.03	0.15	4.69	0.91	0.41
<i>Pinus spp</i>	0.98	0.15	0.01	0.07	4.69	0.91	0.38
<i>Q. splendens</i>	2.13	0.33	0.06	0.34	2.15	0.42	0.36
<i>P. ayacahuite</i>	1.00	0.15	0.03	0.19	2.54	0.49	0.28
<i>P. lumholtzi</i>	0.80	0.12	0.02	0.09	2.15	0.42	0.21
<i>Q. crassifolia</i>	0.23	0.04	0.01	0.08	0.59	0.11	0.08
Otras hojosas	0.21	0.03	0.00	0.02	0.78	0.15	0.07
<i>Alnus sp</i>	0.08	0.01	0.00	0.01	0.78	0.15	0.06
<i>Cupresus sp</i>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.20	0.04	0.01
<i>A. acuminata</i>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.20	0.04	0.01
Total	645.96	100.00	17.87	100.00	516.41	100.00	100.00
Bosque de encino-pino (BQP)							
<i>Q. rugosa</i>	132.14	30.68	3.16	24.52	94.90	15.35	23.52
<i>P. leiophylla</i>	59.90	13.91	2.17	16.88	80.61	13.04	14.61
<i>Q. sideroxylla</i>	51.63	11.99	1.59	12.31	91.84	14.85	13.05
<i>A. xalapensis</i>	60.10	13.95	1.05	8.12	86.73	14.03	12.03
<i>Q. durifolia</i>	30.10	6.99	0.99	7.66	51.02	8.25	7.63
<i>P. teocote</i>	22.45	5.21	1.07	8.31	48.98	7.92	7.15
<i>P. engelmannii</i>	21.53	5.00	1.06	8.20	47.96	7.76	6.98
<i>P. durangensis</i>	20.31	4.71	0.95	7.34	40.82	6.60	6.22
<i>Q. eduardii</i>	13.78	3.20	0.42	3.27	12.24	1.98	2.82
<i>Quercus sp</i>	3.98	0.92	0.11	0.84	20.41	3.30	1.69
<i>J. deppeana</i>	6.63	1.54	0.10	0.76	15.31	2.48	1.59
<i>Pinus sp</i>	3.47	0.81	0.09	0.73	15.31	2.48	1.34
<i>Q. splendens</i>	2.35	0.54	0.06	0.49	3.06	0.50	0.51
<i>P. lumholtzi</i>	1.33	0.31	0.03	0.20	6.12	0.99	0.50
<i>Q. crassifolia</i>	0.82	0.19	0.02	0.19	2.04	0.33	0.24
<i>Q. laeta</i>	0.10	0.02	0.02	0.13	1.02	0.17	0.10
<i>P. chihuahuana</i>	0.10	0.02	0.00	0.03	1.02	0.16	0.02
Total	430.71	100.00	12.88	100.00	618.37	100.00	100.00

Donde: N ha⁻¹; número de árboles por ha, AR; abundancia relativa, AB m² ha⁻¹; área basal en metros cuadrados por hectárea, DR; dominancia relativa, Fabs; frecuencia absoluta, FR; frecuencia relativa, IVI; Índice de Valor de Importancia.

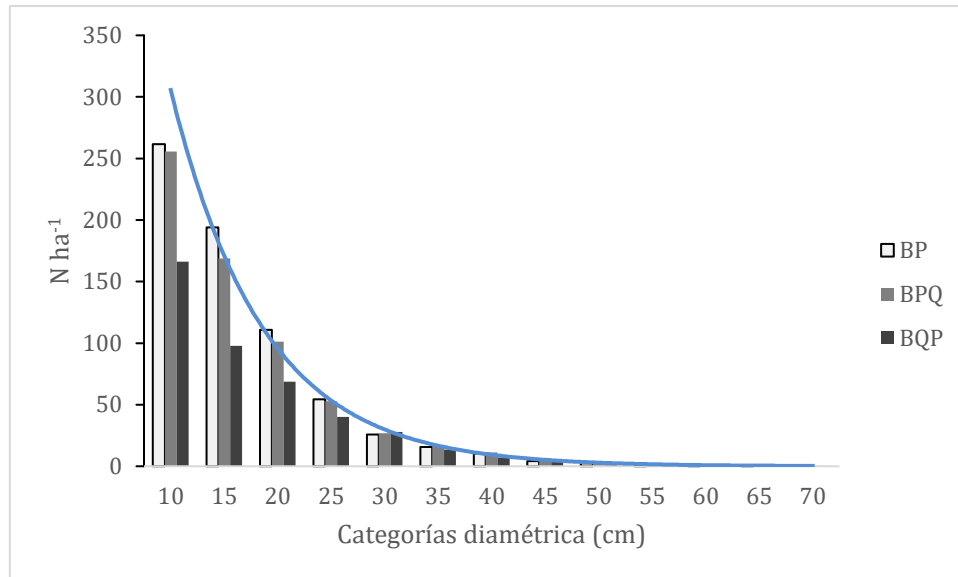


Figura 2. Número de árboles por categoría diamétrica para los tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Figure 2. Number of trees by diameter category for the three types of vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Estructura vertical

El área de BQP presentó un valor de $A=2.54$ mediante el índice de *Pretzsch*, este valor resultó ser mayor al encontrado en BP y BPQ, los cuales obtuvieron valores de $A=2.43$ y $A=2.28$, respectivamente. Sin embargo, los valores de A_{max} resultaron ser mayor en BPQ (4.19), proveniente del registro de 22 especies.

Los valores de A_{rel} cercanos a un valor máximo del 100% que indican que todas las especies se encuentran distribuidas en forma equitativa en los tres estratos de altura demostraron que en este estudio el BQP presentó mayor equitatividad entre los estratos de altura, y una A_{rel} de 64.48%, seguido de BP con un A_{rel} de 63.68%. El BPQ registró un A_{rel} de 54.34%, las diferencias entre los tipos de vegetación se deben a la altura máxima registrada, la cual es mayor en BPQ (tabla 5). De manera general y para los tres tipos de vegetación se presenta una comunidad vegetal no uniforme en cuanto a las alturas. Para BP y BPQ se presentaron el 100% de las especies en el estrato inferior, mientras que, en la vegetación de BQP no se encontró *Q. laeta* que resultó en un 94.12% de presencia de especies.

La figura 3 representa las categorías de altura en los tres tipos de vegetación; se demuestra un alto porcentaje en las categorías menores indicando que la comunidad vegetal evaluada contiene rodales jóvenes.

Tabla 5. Valores del índice de distribución vertical de *Pretzsch* para los tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Table 5. Values of the *Pretzsch* vertical distribution index for the three types of vegetation in the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Tipo de vegetación	Altura (m)				<i>Pretzsch</i>		
	Min	Max	\bar{x}	SD	A	A_{max}	A_{rel} (%)
BP	1.8	22.8	8.36	3.78	2.43	3.81	63.86
BPQ	1.8	31	7.74	3.66	2.28	4.19	54.34
BQP	1.8	22	8.08	3.69	2.54	3.93	64.48

Donde: Min: valor mínimo; Max: valor máximo; \bar{x} : media; SD: desviación estándar.

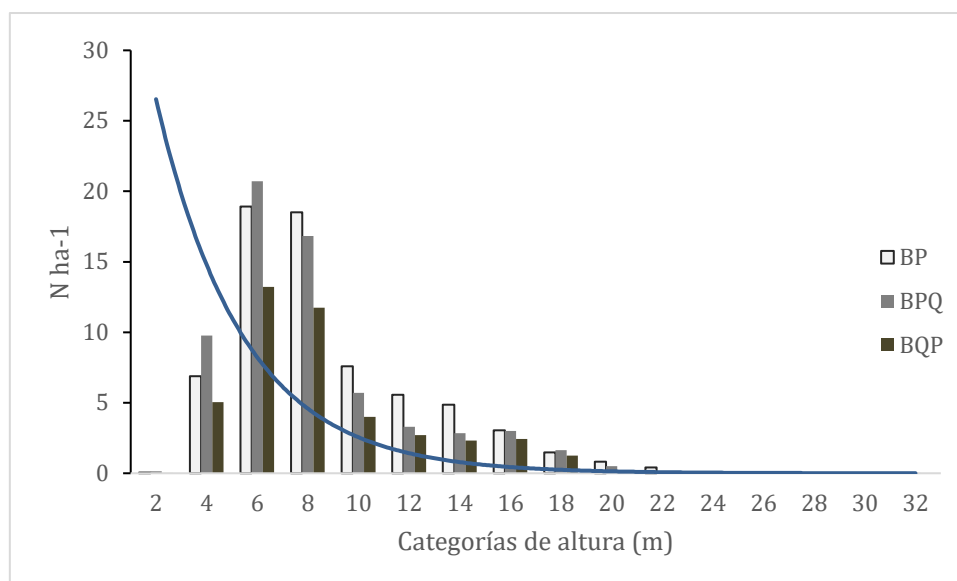


Figura 3. Número de árboles por categoría de altura para las especies arbóreas del ejido Adolfo Ruíz Cortines de la localidad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Figure 3. Number of trees by height category for tree species of the Adolfo Ruiz Cortines ejido in the town of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

DISCUSIÓN

Diversidad, dominancia y riqueza de especies

El valor del índice de Shannon varía entre 1 y 5, y considera baja diversidad valores menores a 2, una diversidad media entre 2 y 3.5 y diversidad alta mayores a 3.5 (Graciano *et al.*, 2017; Margalef, 1972; Medrano-Meraz *et al.*, 2017). Por lo tanto, BP es considerada de baja diversidad ($H' = 1.9$); mientras que, para BPQ y BQP se cuenta con diversidad media ($H' = 2.09$ y $H' = 2.12$, respectivamente), estos valores son superiores a los registrados por Delgado-Zamora *et al.* (2016); Graciano *et al.* (2017) y Návar-Cháidez & González-Elizondo, (2009) en bosques templados del estado de Durango, pero menores al registrado por Medrano-Meraz *et al.* (2017) en un gradiente altitudinal de 1 500 m a 2 700 m en la región de Pueblo Nuevo. Dávila-Lara *et al.* (2019); Hernández-Salas *et al.* (2013); López-Hernández *et al.* (2017); Manzanilla-Quijada *et al.* (2020), reportaron valores del índice de Shannon menores a los registrados en este estudio para regiones de los estados de Chihuahua, Puebla, San Luis Potosí y Nuevo León, respectivamente, indicando que los bosques del estado de Durango y en particular del municipio de Pueblo Nuevo tienen mayor diversidad de especies.

Por otra parte, los valores del índice de dominancia de Simpson: $D = 0.15$ y $D = 0.16$ para BPQ y BQP, respectivamente, son menores al registrado por Medrano-Meraz *et al.* (2017) en un gradiente altitudinal de 2 700 m a 3 000 m ($D = 0.18$), valor cercano a BP ($D = 0.19$) en este estudio, indicando que existe clara dominancia de alguna especie, *P. durangensis* para este estudio con un IVI de 37.16%

De acuerdo con el índice de Margalef, los valores registrados $D_{Mg} = 2.07$ en BP, $D_{Mg} = 3.25$ en BPQ y $D_{Mg} = 2.64$ en BQP son mayores a estudios realizados en áreas de la misma región a este estudio: Graciano *et al.* (2017), obtuvieron un $D_{Mg} = 1.53$ en un ejido denominado La Victoria, mientras que, Návar-Cháidez & González-Elizondo, (2009) reportaron un valor de $D_{Mg} = 0.73$ para el municipio de San Dimas, Durango. Silva-García *et al.* (2021) con un valor de $D_{Mg} = 3.78$, en el ejido Pueblo Nuevo, Durango, demuestran una mayor riqueza de especies, al igual que, Ríos-Saucedo *et al.* (2019) para el municipio de San Dimas, Durango ($D_{Mg} = 5.42$).

Las discrepancias entre los resultados obtenidos en los índices de este estudio y diversos autores se deben a la superficie muestreada y la clasificación de los tipos vegetación, además

de la importancia del registro de todas las especies y no agrupar por género diversos taxones, ya que los índices de diversidad basan sus resultados comparativos en la abundancia relativa de las especies y la proporción total de sus árboles.

Estructura horizontal

El número de árboles por ha fue mayor en el BP (862.68), donde el género *Pinus* presentó una abundancia relativa (AR) de 70.17% superior a los géneros *Quercus*, *Juniperus*, *Alnus* y *Arbutus*. Por otra parte, en BPQ se contó con 645.96 árboles por ha⁻¹, donde *Pinus* presentó una AR de 37.89%, sin embargo, en este tipo de vegetación *Quercus* obtuvo una AR mayor (47.58%), los géneros *Juniperus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Cupressus* y el taxón de Otras hojosas complementaron el 100% de AR con el 14.53% restante. Finalmente, para BQP *Quercus* obtuvo una AR de 54.54% sobre *Pinus*, *Juniperus* y *Arbutus*. Los géneros dominantes en este estudio coinciden con diversos autores, quienes reportan una clara abundancia de estos en bosques de clima templado (Graciano *et al.*, 2017; Monarrez-Gonzalez *et al.*, 2020; Silva-García *et al.*, 2021; Silva-González *et al.*, 2021). De acuerdo con el orden jerárquico las familias Fagaceae y Pinaceae han sido reportadas en otros estados como los de mayor representatividad para bosques de clima templado en México: Dávila-Lara *et al.* (2019); Hernández-Salas *et al.* (2013); López-Hernández *et al.* (2017); Manzanilla-Quijada *et al.* (2020); Rascón-Solano *et al.* (2022); Vásquez-Cortez *et al.* (2018), resultados similares a los registrados en este estudio.

Con base en las distribuciones de las categorías diamétricas se muestra una línea de tendencia exponencial con la mayoría de los árboles en las categorías diamétricas inferiores, característica de rodales jóvenes. Otros estudios con resultados similares para bosques de clima templado son los reportados por Graciano-Ávila *et al.* (2020); López-Hernández *et al.* (2017) y Silva-García *et al.* (2021) quienes mencionan que al abrir claros en el rodal como consecuencia del manejo forestal se crean condiciones para el establecimiento de pinos. En este estudio y como consecuencia del manejo forestal operado con MMOBI (Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares) se crean condiciones para el establecimiento de los géneros *Pinus* y *Quercus*, especies dominantes respecto a la abundancia absoluta, característica observada en los tipos de vegetación de BPQ y BQP.

El AB registrada en este estudio en los tres tipos de vegetación de 22.44 m² ha⁻¹, 17.87 m² ha⁻¹ y 12.88 m² ha⁻¹, para BP, BPQ y BQP, respectivamente, es menor a la registrada por Domínguez-Gómez *et al.* (2018) quienes reportan un AB de 46.38 m² ha⁻¹, en un estudio donde se ubicaron 10 parcelas de muestreo al azar, con dimensiones de 100 m² dentro de una parcela previamente establecida de 2 500 m², para el ejido Adolfo Ruíz Cortines lugar donde se llevó a cabo la presente investigación, las diferencias registradas de AB se deben a la superficie muestreada, destacando la importancia de realizar investigaciones sobre evaluación de estructura horizontal y variables dasométricas con grandes superficies. Monarrez-Gonzalez *et al.* (2020) registraron un AB de 18.96 m² ha⁻¹ en una propiedad denominada Molinillos de Durango, México; Graciano-Ávila *et al.* (2020) obtuvieron un AB de 19.99 m² ha⁻¹ en el año 2007 que ascendió a 24.07 m² ha⁻¹ para el año 2017 en el ejido San Esteban y Anexos del municipio de Pueblo Nuevo, Durango, valores mayores a los reportados en este estudio para las áreas de BPQ y BQP, mientras que, Silva-García *et al.* (2021) reportaron un AB de 12.88 m² ha⁻¹ para la misma región, mismo valor registrado en el BQP. Se registró una mayor AB en el BP, seguida de la asociación BPQ, y menor en BQP, por lo que existe un mayor incremento donde domina el género *Pinus*, ya que en el BPQ la dominancia relativa respecto al AB de *Pinus* fue superior a *Quercus*, a pesar de que existieron más individuos de encinos.

En BP, *P. leiophylla* presentó la mayor frecuencia relativa (FR), seguido de *P. durangensis*. Evidentemente el género *Pinus* obtuvo un 53.06% de FR. Por otra parte, en BPQ *A. xalapensis* se presentó con mayor recurrencia (16.09%), seguido por *P. teocote* y *P. engelmannii* con FR de 12.82% y 12.90%, respectivamente. *Pinus* presentó un 48.82 %, *Quercus* un 22.2% y *A. xalapensis* 16.09% en este tipo de vegetación. Finalmente, en BQP *Q. rugosa* y *Q. sideroxyla* presentaron un 15.35% y 14.85% de FR, seguido de *A. xalapensis* y *P. leiophylla* con 14.85% y 13.04%, de manera integral el género *Quercus* obtuvo una FR de 44.64%, *Pinus* 38.88% y *A. xalapensis* 14%. Hernández-Salas *et al.* (2013), reportaron a *P. arizonica* con mayor FR para el estado de Chihuahua; López-Hernández *et al.* (2017), para

bosques templados de Puebla presentaron a *Pinus montezumae* con valores de FR de 35.44%; Dávila-Lara *et al.* (2019), presentaron a *Pinus teocote* y *Pinus devoniana* con mayor FR para el estado de San Luis Potosí. Para la región de El Salto se han reportado a *Pinus cooperi* y *Arbutus xalapensis* como especies con mayor FR por Graciano *et al.* (2017) y Silva-García *et al.* (2021), respectivamente, resultados diferentes a los reportados en este estudio.

Respecto al IVI *P. durangensis* presentó 27.16% en BP, mientras que, en BPQ y BQP sobresalió *Q. rugosa* con 17.36% y 23.52%, respectivamente. Vásquez-Cortez *et al.* (2018) reportaron a *P. pseudostrobus*, *Q. laurina* y *Q. crassifolia* en el estado de Oaxaca; López-Hernández *et al.* (2017), registraron a *P. montezumae* y *Abies religiosa* para el estado de Puebla; Rendón-Pérez *et al.* (2021), registraron a *P. montezumae* en un área dominada por *Pinus-Quercus* en el estado de Hidalgo; Hernández-Salas *et al.* (2013), reportaron a *P. arizonica* en Chihuahua; Dávila-Lara *et al.* (2019), a *P. teocote* y *P. devoniana* en San Luis Potosí; Graciano *et al.* (2017), a *P. cooperi* en Durango y Graciano-Ávila *et al.* (2020) a *P. durangensis*; Rascón-Solano *et al.* (2022) y Silva-García *et al.* (2021), reportaron a *P. durangensis* en Durango y Chihuahua. Manzanilla-Quijada *et al.* (2020), reportaron a *P. teocote* y *Q. mexicana*, mientras que, Alanís-Rodríguez *et al.* (2018; 2020), reportaron a *Q. rysophylla* en un área post-incendio para Nuevo León como las especies con mayor IVI. A pesar de que en el área de BPQ se reportó a *Q. rugosa* como la especie de mayor importancia ecológica, el género *Pinus* presentó un 45.21% sobre un 37.29% de *Quercus*, en contraste, en BQP *Quercus* obtuvo un IVI de 49.53% y *Pinus* 36.85%. Los resultados obtenidos en este estudio muestran las dominancias jerárquicas de cada tipo de vegetación de acuerdo con su género dominante.

Estructura vertical

En BP el valor de $A_{max}=3.81$, se encuentra entre los reportados por Graciano-Ávila *et al.* (2020; 2017), (valores de $A_{max}=3.58$ y $A_{max}=3.87$), mientras que, los valores de las áreas de BPQ y BQP de $A_{max}=4.19$ y $A_{max}=3.93$ son mayores, aunque menores al reportado por Silva-García *et al.* (2021) ($A_{max}=4.46$), para comunidades vegetales cercanas al área de este estudio. Diversos estudios en bosques templados de México describen una mayor heterogeneidad biológica en el estrato bajo y medio, consecuentemente se origina a partir de la composición y presencia de especies que definen la estructura vertical (Dávila-Lara *et al.*, 2019; Graciano-Ávila *et al.*, 2020; Graciano *et al.*, 2017; Jiménez-Pérez *et al.*, 2001; Manzanilla-Quijada *et al.*, 2020; Silva-García *et al.*, 2021) lo anterior coincide con los resultados de este estudio, presentado un mayor número árboles en las zonas bajas para los tres tipos de vegetación.

CONCLUSIONES

La diversidad de especies evaluada en los tres tipos de vegetación en el ejido Adolfo Ruíz Cortines es considerada media de acuerdo con el índice de diversidad de Shannon y el índice de riqueza de especies de M, además, existe una heterogeneidad de especies basando este análisis en el índice de dominancia.

Para BPQ y BQP el género *Quercus* presentó el mayor número de árboles por hectárea, sin embargo, *Pinus* presentó la mayor AB generando una mayor abundancia.

El índice vertical de especies muestra un dominio del estrato bajo, en él se encuentran todas las especies registradas; tomando como referencia los gráficos se puede apreciar grandes cantidades de árboles en las categorías de diámetro y de altura inferiores.

La importancia de la evaluación estructural y un análisis dasométrico a través de diversos índices y parámetros proporcionan un marco de referencia analítico sobre cómo se conforma la estructura arbórea de los tres tipos bosques del ejido Adolfo Ruíz Cortines, lo que servirá como base para futuras tomas de decisiones sobre manejo forestal.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) por el apoyo financiero otorgado al primer autor para estudiar en el programa de Doctorado en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Al Tecnológico Nacional de México en su programa “Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación” con el proyecto “Planeación de Buenas Prácticas para Conservación de la Biodiversidad, Mediante (SIG) en el ejido Adolfo Ruíz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango”, del cual se derivó la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21, 17–28. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>
- Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., & Marroquín-de la Fuente, J. S. (2020). Muestreo ecológico de la vegetación. *Editorial Universitaria de La Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L., México, July*, 245. <https://www.researchgate.net/publication/343137042>
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M., & López-Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14(2), 51–63. <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1421212>
- Corral-Rivas, J. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., & Corral-Rivas, S. (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(2), 217–228. <https://doi.org/10.5424/srf/2005142-00885>
- Dávila-Lara, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Jurado-Ybarra, E., Treviño-Garza, E., González-Tagle, M. A., & Trincado, G. (2019). Estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18), 399–409. <https://doi.org/10.19136/ERA.A6N18.2112>
- Del-Val, E., & Sáenz-Romero, C. (2017). Insectos Descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) Y Cambio Climático: Problemática Actual Y Perspectivas En Los Bosques Templados. *TIP. Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 20(2), 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006>
- Delgado-Zamora, D. A., Heynes-Silerio, S. A., Mares-Quiñones, M. D., Piedra-Leandro, N. L., Retana-Rentería, F. I., Rodríguez-Corral, K., Villanueva-Hernández, A. I., González-Elizondo, M. S., & Raucho-González, L. (2016). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 94–107. <https://pdfs.semanticscholar.org/f78c/f319cc8662c94ffa14b661b06e822f170f4c.pdf>
- Domínguez-Gómez, T. G., Hernández-González, B. N., González-Rodríguez, H., Cantú-Silva, I., Alanís-Rodríguez, E., & Alvarado, M. S. (2018). Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 9–34. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.227>
- García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editado por la autora. México, D. F.*
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., Mora-Olivo, A., & Corral-Rivas, J. J. (2020). Cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botánica Mexicana*, 127. <https://doi.org/10.21829/ABM127.2020.1522>
- Graciano, Á. G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., & Lujan-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535–542. <https://doi.org/10.19136/ERA.A4N12.1114>
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. M.,

Recibido:
24/diciembre/2023

Aceptado:
20/junio/2024

- & Domínguez-Pereda, L. A. (2018). Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/MYB.2018.2421767>
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. M., & Domínguez-Pereda, L. A. (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(3), 189–199. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Jiménez-Pérez, J., Aguirre-calderón, O. A., & Kramer, H. (2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Researchgate.Net*. https://www.researchgate.net/publication/28052703_Analisis_de_la_estructura_horiz_ontal_y_vertical_en_un_ecosistema_multicohortal_de_pino-encino_en_el_norte_de_Mexico
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monárrez-González, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39–51. <https://doi.org/10.21829/MYB.2017.2311518>
- Magurran, A. E. (1988). Diversidad ecológica y su medición. *Princeton University Press*, 200p. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuU9DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP9&dq=Magurran,+A.E.+1988.+Ecological+diversity+and+its+measurement.+Princeton+University+Press.+200+p.&ots=WBYe25HRDa&sig=nSZFWKMM-6i0uusLM4kL3hAZ3k0>
- Manzanilla-Quijada, G. E., Mata Balderas, J. M., Treviño Garza, E. J., Aguirre Calderón, Ó. A., Alanís Rodríguez, E., & Yerena Yamallel, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>
- Margalef, R. (1972). Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. No Title. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 44, 211–235.
- Medrano-Meraz, M. J., Hernández, F. J., Corral-Rivas, S., & Nájera-Luna, J. A. (2017). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), 57–68.
- Monarrez-Gonzalez, J. C., Gonzalez-Elizondo, M. A., Marquez-Linares, A., Gutierrez-Yurritaid, P. J., & Perez-Verdinid, G. (2020). Effect of forest management on tree diversity in temperate ecosystem forests in northern Mexico. *PLoS ONE*, 15(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233292>
- Moreno, E. C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T – Manuales y Tesis SEA*, 1(January 2001), 86. <http://www.observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/m-todos-biodiversidad.pdf>
- Návar-Cháidez, J. J., & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 71–87. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-27682009000100005&script=sci_abstract&tlng=pt
- Rascón-Solano, J., Galván-Moreno, V. S., Aguirre-Calderón, O. A., & García-García, S. A. (2022). Caracterización estructural y carbono almacenado en un bosque templado frío censado en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(70). <https://doi.org/10.29298/RMCF.V13I70.1123>
- Rendón-Pérez, M. A., Hernández-de la Rosa, P., Velázquez-Martínez, A., Alcántara-Carbajal, J. L., & Reyes-Hernández, V. J. (2021). Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. *Madera y Bosques*, 27(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712127>
- Ríos-Saucedo, J. C., Valenzuela-Núñez, L. M., & Rosales-Serna, R. (2019). Evaluación de la biodiversidad vegetal en área de bosque templado en Durango, México. *Universidad Galileo Galilei Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Ciencia e Innovación*, 2(1), 185–206.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). The Theory of Mathematical Communication. *International Business*, 131. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2383164_3/component/file_2383163/content
- Silva-García, J. E., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jurado-Ybarra, E., Jiménez-Pérez, J., & Vargas-Larreta, B. (2021). Estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México. *Polibotánica*, 52, 89–102.

<https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.7>

- Silva-González, E., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E., & Corral-Rivas, J. J. (2021). Efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura forestal en bosques templados bajo manejo en Durango, México. *Madera y Bosques*, 27(2), 1–14. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722082>
- Solís-Moreno, R., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Jurado-Ybarra, E., & Corral-Rivas, J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49–64. <https://doi.org/10.21829/myb.2006.1221242>
- Vásquez-Cortez, V. F., Clark-Tapia, R., Manzano-Méndez, F., González-Adame, G., & Aguirre-Hidalgo, V. (2018). Estructura, composición y diversidad arbórea y arbustiva en tres condiciones de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Madera Bosques*, 24(3), 1–13. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431649>