

ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE UN BOSQUE DE GALERÍA AL NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE, COMPOSITION, AND DIVERSITY OF A GALLERY FOREST IN NORTHWEST MEXICO

Amarán, María de Fatima; Eduardo Alanís-Rodríguez; Andrés Eduardo Estrada-Castillón; Luis Gerardo Cuellar-Rodríguez; Oscar Alberto Aguirre-Calderón y Guadalupe Geraldine García-Espinoza

ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE UN BOSQUE DE GALERÍA AL NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE, COMPOSITION, AND DIVERSITY OF A GALLERY FOREST IN NORTHWEST MEXICO



Estructura, composición y diversidad de un bosque de galería al noroeste de México

Structure, composition, and diversity of a gallery forest in northwest of Mexico

María de Fátima Amaran;
Eduardo Alanís-Rodríguez;
Andrés Eduardo-Estrada Castellón;
Luis Gerardo Cuellar-Rodríguez;
Oscar Alberto Aguirre-Calderón
y Guadalupe Geraldine
García-Espinoza

ESTRUCTURA,
COMPOSICIÓN Y
DIVERSIDAD DE UN
BOSQUE DE GALERÍA AL
NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE,
COMPOSITION, AND
DIVERSITY OF A GALLERY
FOREST IN NORTHWEST
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 58: 49-63. Julio 2024

DOI:
10.18387/polibotanica.58.4

María de Fátima Amarán <https://orcid.org/0000-0001-5383-3792>
Eduardo Alanís-Rodríguez <http://orcid.org/0000-0001-6294-4275>
Andrés Eduardo Estrada-Castillón <https://orcid.org/0000-0003-1061-9862>
Luis Gerardo Cuellar-Rodríguez <https://orcid.org/0000-0003-4969-611X>
Oscar Alberto Aguirre-Calderón <https://orcid.org/0000-0001-5668-8869>
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales,
Carretera Nacional Km 145, CP 67700, Linares, Nuevo León, México

Guadalupe Geraldine García Espinoza

Autor de correspondencia: geraldine.geraldine@umich.mx
<https://orcid.org/0000-0002-3296-0570>

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Agrobiología
"Presidente Juárez, P." Lázaro Cárdenas 2290, Emiliano Zapata, Melchor
Ocampo, CP 60170, Uruapan, Michoacán

RESUMEN: Los bosques de galería constituyen ecosistemas complejos con alta diversidad. En los últimos años se ha incrementado el interés por conocer la dinámica del funcionamiento de estos ecosistemas, existen pocas las investigaciones relacionadas con los mismos. El objetivo de este estudio fue describir la diversidad, composición y estructura vertical de un bosque de galería en la parte alta de la cuenca del río Presidio, al noroeste de México; ofreciendo información sobre la conformación de las especies del área evaluada, siendo un antecedente para la toma de decisiones y elaboración de planes de manejo en el área. Se establecieron parcelas rectangulares de 1000 m², dentro de estas se le midió al arbolado el diámetro a 1.30 m, altura total, y diámetro de copa. Se analizó la estructura horizontal con base en el Índice de Valor de Importancia (IVI) y clases diamétricas; además, se determinó la riqueza y diversidad de especies de acuerdo con los índices de Margalef (D_{Mg}) y de Shannon-Weiner (H'). Se registraron 10 taxones con una densidad de 261 individuos (N ha⁻¹), las especies de mayor valor ecológico (IVI) fueron *Pinus cooperi* (36.03) y *P. durangensis* (24.14). La diversidad y riqueza obtenida para el área fue de $H' = 1.59$ y $DMg = 1.53$ respectivamente. Los resultados muestran un bosque de galería sin especies particularmente dominantes, con valores de diversidad relativamente bajos; no existe una homogeneidad en la vegetación, la distribución de clases diamétricas mostró una tendencia negativa respecto a la abundancia y a la diversidad la cual puede ser atribuida a las prácticas de manejo forestal en el área.

Palabras clave: Estructura; índices de diversidad; distribución; bosque de galería.

ABSTRACT: Gallery forest constitute a complex ecosystem with high diversity. In recent years the interest in knowing the dynamic of those ecosystems operation has increased, there is still little research related to them. The objective of this study was to describe the diversity, composition, and horizontal structure of a gallery forest in the upper part of the Presidio River basin, northwest of Mexico; offering information on the conformation of the species in the evaluated area, being a background for decision-making and development of management plans in the area. Rectangular plots of 1000 m² were established, the diameter at 1.30 m, total height, and crown diameter were measured of each tree. The horizontal structure was analyzed based on the Importance Value Index (IVI) and the diameter classes; in addition, species richness and diversity were determined according to the Margalef (D_{Mg}) and Shannon-Weiner (H') indexes. 10 taxa were recorded with a density of 261 individuals (N ha⁻¹), the species with the highest ecological value (IVI) was *Pinus*

cooperi (36.03%) and *P. durangensis* (24.14). The diversity and richness obtained for the area was $H' = 1.59$ and $D_{Mg} = 1.53$ respectively. The results show a gallery forest without particularly dominant species, with relatively low absolute diversity values; there is no homogeneity in the vegetation, the distribution of diameter classes showed a negative trend with respect to abundance and diversity which can be attributed to forest management practices in the area.

Key words: Structure; diversity indexes; distribution; gallery forest.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de galería son comunidades forestales complejas y frágiles que cumplen un papel fundamental en términos ecológicos, hidrológicos y de biodiversidad para la conservación de la vitalidad del paisaje y los ríos (Naiman & Decamps, 1997; Vargas-Ríos, 2021). Este tipo de ecosistema provee servicios ecosistémicos, que incluyen la estabilización de bancos y la protección de la calidad del agua, el apoyo a la cadena alimentaria, control de inundaciones y el hábitat de peces y vida silvestre (Richardson *et al.*, 2007). Siendo un ecosistema que juega un papel decisivo en el bienestar y la sostenibilidad del ambiente (Etchegaray *et al.*, 2022).

La fisonomía y estructura de los bosques de galería es muy heterogénea, en comparación con otros tipos de vegetación circundantes, debido a que incluyen varios estratos verticales de plantas que forman espesura, o bien está constituida sólo por árboles muy espaciados, cuyas alturas varían de cuatro a 40 m (Rzedowski, 2006). Por otro lado, los patrones de distribución de las especies a nivel local están relacionados con la topografía, tal es el caso de la elevación sobre el cauce del arroyo que contribuye a la existencia de interacciones favorables de microclima y alta humedad (Naiman & Decamps, 1997).

La evaluación de la estructura y condición de los bosques de galería requieren de información detallada de la riqueza, abundancia, diversidad ecológica de los árboles y de la vegetación del sotobosque para generar estrategias de manejo que garanticen asegurar la provisión de los servicios ambientales (Eskelson *et al.*, 2013; Méndez-Toribio *et al.*, 2014). Cabe señalar que en este tipo de vegetación se han evaluado múltiples perspectivas científicas y aplicadas, como la hidrología, el manejo forestal, los usos de suelo, la biología, la geografía, la teledetección, la gestión y la restauración (González *et al.*, 2015). Por lo tanto, la generación del conocimiento proporciona herramientas importantes para una amplia gama de campos y disciplinas (Dufour *et al.*, 2019). Sin embargo, la vegetación ribereña está bajo una presión significativa de una variedad de actividades antropogénicas, como la alteración del régimen de perturbación, la regulación del caudal por represas, la contaminación, el cambio de uso del suelo, la extracción de madera, el desvío de agua, la minería, la deforestación y las especies invasoras (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020; Poff *et al.*, 2011).

A lo largo de los márgenes de los cauces, la delimitación de los bosques de galería aporta múltiples servicios ecológicos, por ejemplo, su disposición vertical en capas de vegetación es primordial para mantener la calidad del agua, amortiguar los procesos de sedimentación de los lechos de los ríos, y proporcionar protección contra la erosión de los suelos, además proveen de hábitat a la fauna silvestre (Granados-Sánchez *et al.*, 2006).

El Estado de Durango se caracteriza por tener bosques de pino-encino en la mayor parte de su territorio, y en menor medida bosques xerófilos, matorrales y pastizales (Rzedowski, 2006). El Estado está dividido en tres regiones hidrológicas administrativas y 19 cuencas hidrológicas en las que nacen cinco importantes cauces que desembocan tanto en el Océano Pacífico, Golfo de México o al interior del país. El río Presidio forma parte de estos cuerpos de agua, naciendo en la sierra del Estado a más de 3000 msnm y desembocando en el Estado de Sinaloa (INEGI, 2020). Las partes intermedias y altas de esta cuenca han sido poco estudiadas en cuanto a la dinámica y la vegetación asociada al cuerpo de agua. El interés de su estudio se ha enfocado a temas relacionados mayormente con la agricultura y pesca (González-Elizondo *et al.*, 2012).

La localidad El Salto, Durango se ubica en la región hidrológica Presidio San Pedro, en la parte alta de la cuenca del río Presidio en donde vive una población que asciende a 21,793 habitantes (INEGI, 2020, 2022). La vegetación en la mayor parte está formada por bosques de pino, encino y mixtos (González-Elizondo *et al.*, 2012). Cabe señalar que históricamente las poblaciones humanas que se asientan y desarrollan sobre los márgenes de ríos y comunidades vegetales son la principal causa del deterioro y presión de este tipo de bosque ya que han sometido al ecosistema a intensas y variadas actividades, por lo que esta región no es la excepción (Richardson *et al.*, 2007). De esta manera, resulta de vital importancia la realización un diagnóstico que permita proponer las bases para estrategias de conservación, protección y manejo de la vegetación asociada al río. Por lo cual, se requiere de estudios sobre la estructura y composición de la vegetación asociada a cuerpos de agua (Risser & Harris, 1989); considerando que los estudios enfocados a este tipo de vegetación son muy escasos o nulos en comparación con otras comunidades vegetales (Ding & Zhao, 2016).

Por lo expuesto, el objetivo fue evaluar la estructura vertical, composición y diversidad de las especies arbóreas y arbustivas de un bosque de galería en el noreste de México, con la finalidad de establecer fuentes de información importantes que permitan comprender la comunidad vegetal y la importancia de los múltiples beneficios que este tipo de ecosistemas brindan a la sociedad directa o indirectamente.

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el bosque de galería en el río Presidio en la localidad de El Salto, municipio de Pueblo Nuevo, Durango, perteneciente a la región hidrológica Presidio-San Pedro. La comunidad estudiada se encuentra dentro de las coordenadas geográficas UTM 456633 E 2627447 N y las coordenadas 456326 E y 2628188 N (Figura 1), dentro del área urbana y rural del municipio de Pueblo Nuevo, por lo cual presenta impactos asociados a la actividad recreativa de la población. El clima predominante es templado-subhúmedo con precipitaciones de 782 mm anuales. La temperatura media anual es de 18.5 °C (CONAGUA, 2018). La cuenca tiene una extensión de 6,479 km², en cuanto al río Presidio, posee una longitud de 352 km; se trabajó en la parte alta con elevaciones superiores a los 2,600 msnm. La vegetación dominante de la localidad de El Salto se distribuye en 24 taxas de *Pinus* (46% del total nacional), 54 de *Quercus* (34%) y 7 de *Arbutus* (100%), que son los principales componentes fisonómicos de los bosques en la región. Los bosques de pino cubren 12% y se sitúan entre los 1,600 – 3,320 msnm; los de pino-encino ocupan 30% (González-Elizondo *et al.*, 2012). Ambos tipos de vegetación son muy diversos y se desarrollan en climas templados y semifríos, así como en los semisecos templados. Presentan una gran diversidad y proporcionan grandes beneficios ecológicos y económicos (SEMARNAT, 2011).

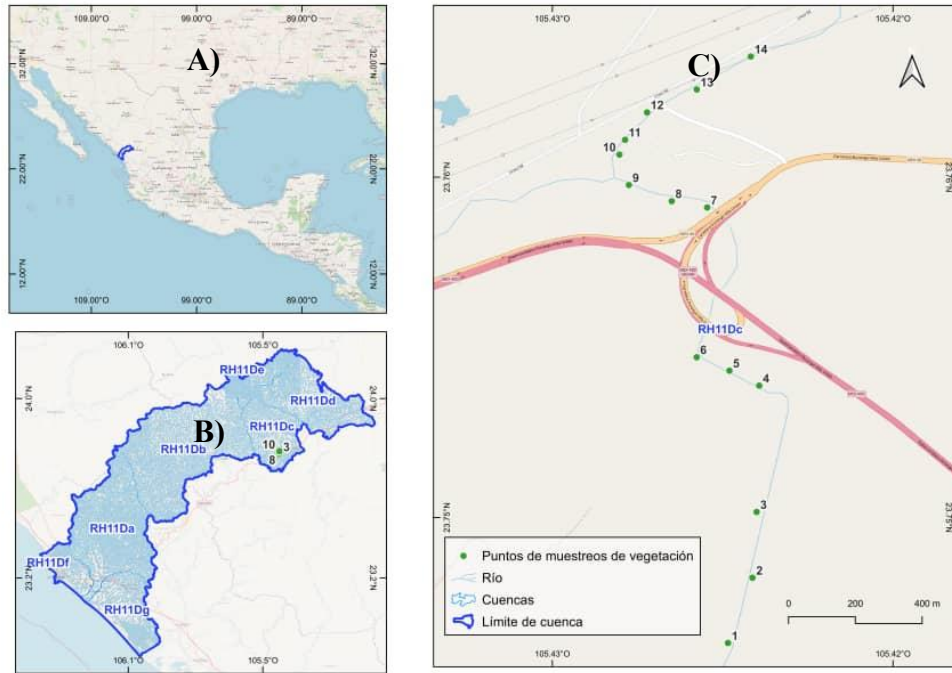


Figura 1. A) Mapa de ubicación de la región hidrológica en México, B) Mapa de la región hidrológica de la cuenca, C) Ubicación de los sitios de muestreo.

Figure 1. A) Map showing the location of the hydrological region in Mexico, B) Map of the hydrological region of the basin, C) Location of the sampling sites.

Muestreo y toma de datos

Se establecieron de manera aleatoria 14 sitios de muestreo rectangulares de 1,000 m² (20 x 50 m) (Alanís *et al.*, 2020; CONAFOR, 2011) a lo largo de la ribera del cauce principal del río Presidio, en el nivel elevacional de 2,600 msnm, la superficie muestral total fue de 14,000 m². Los sitios se establecieron en forma paralela de acuerdo con la dirección del cauce del río (Canizales-Velázquez *et al.*, 2021). En cada sitio se midieron todos los individuos con un diámetro normal igual o mayor a 2.5 cm, como se indica en la metodología del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR, 2012). Las variables dasométricas evaluadas fueron altura total (h), diámetro normal ($d_{1.30\text{ m}}$) y el diámetro de copa (d_{copa}) que se midió en dos ejes, norte-sur y este-oeste. Para verificar la nomenclatura correcta de las especies se utilizó la plataforma Trópicos® (Tropicos, 2023).

Análisis de la información

Para evaluar la estructura horizontal de cada especie se determinó su abundancia de acuerdo con el número de individuos, la dominancia en función de su área de copa y la frecuencia con base a su presencia en los sitios de muestreo. Con estos valores se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 (Alanís *et al.*, 2020; Curtis & McIntosh, 1951). La riqueza y diversidad se estimaron con el índice de Margalef (DMg) que está basado en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica), el índice de entropía de Shannon (H'), el cual está basado en la distribución proporcional de la abundancia de cada especie (Magurran, 2004) y el índice de diversidad verdadera de Shannon (1D) (Jost, 2006). Las ecuaciones utilizadas para determinar los índices de diversidad y los parámetros ecológicos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Fórmulas utilizadas para determinar los índices de diversidad e indicadores ecológicos de las especies.

Fórmula	Descripción
$A_i = N_i/S$ $AR_{\square} = \left(A_i / \sum_{i=1..n} A_i \right) \times 100$	A_{\square} = abundancia absoluta de la especie i AR_i = abundancia relativa de la especie i N_i = número de individuos de la especie i S = superficie de muestreo (ha)
$D_{\square} = Ab_i/S(ha)$ $DR_{\square} = \left(D_i / \sum_{i=1..n} D_i \right) \times 100$	D_i = dominancia absoluta DR_i = dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total Ab_{\square} = área basal de la especie i $S_{(ha)}$ = superficie (ha)
$F_{\square} = P_i/NS$ $FR_{\square} = \left(F_i / \sum_{i=1..n} F_i \right) \times 100$	F_i = frecuencia absoluta FR_i = frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total P_i = número de sitios en los que está presente la especie i NS = el número total de sitios de muestreo.
$IVI = \frac{AR_{\square} + DR_i + FR_i}{3}$	AR_i = abundancia relativa de la especie i respecto a la densidad total DR_i = dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total FR_i = frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total

Para caracterizar de manera horizontal a la comunidad vegetal arbórea se generó un gráfico de clases diamétricas, para describir la estructura vertical un gráfico de clases de altura y para la estructura de la comunidad se generó una gráfica de dominancia-diversidad (Brower *et al.*, 1998), la cual describe la relación de la abundancia absoluta de las especies en función de un arreglo secuencial, esto es, de la de mayor a la de menor abundancia (Martella *et al.*, 2012).

RESULTADOS

Composición del área de estudio

En total se registraron 10 especies, pertenecientes a cuatro géneros y cuatro familias. La familia con el mayor número de especies fue Pinaceae con cinco, seguida de Cupressaceae, Fagaceae con dos y Ericaceae con una especie (Tabla 2). De la lista de especies registradas, *Arbutus unedo* y *Cupressus sempervirens* son introducidas; sin embargo, ya se encuentran naturalizadas en la zona. No se encontraron individuos en el estrato arbustivo, lo cual se atribuye a las prácticas de manejo en el área de estudio que buscan favorecer individuos de alto porte para el aprovechamiento forestal.

Tabla 2. Familias y especies registradas en el área de estudio.**Table 2.** Families and species recorded in the study area.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Pinaceae	<i>Pinus duranguensis</i> Martínez	Pino alazán
	<i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco	Pino blanco
	<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Ocote
	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino prieto
	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	Pino semillero
Ericaceae	<i>Arbutus unedo</i> L.	Madroño
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	Encino
	<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	Encino chaparro
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Tascate
	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Ciprés

En la Tabla 3 se presentan los valores de abundancia, dominancia (cobertura de copa), frecuencia e índice de valor de importancia (IVI) de las familias arbóreas registradas. La familia Pinaceae fue la de mayor abundancia (197 individuos) y la de mayor índice de valor de importancia del 67.08%. La segunda familia con mayor índice de valor de importancia fue Cupressaceae, teniendo un 22.62%, ambas familias suman un 89.70% de IVI.

Tabla 3. Parámetros ecológicos de las familias arbóreas registradas en el área de estudio.

Table 3. Ecological parameters of the tree families recorded in the study area.

Familia	Abundancia (ind ha ⁻¹)		Dominancia (m ² ha ⁻¹)		Frecuencia (%)		IVI
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	
Pinaceae	197	75.62	10.57	84.99	13	40.63	67.08
Cupressaceae	49	18.90	1.42	11.45	12	37.50	22.62
Fagaceae	14	5.21	0.43	3.45	6	18.75	9.14
Ericaceae	1	0.27	0.01	0.10	1	3.13	1.17
Total	261	100	12.44	100	32	100	100

Donde *Abs* es Absoluta y *Rel.* es relativa.

En la Tabla 4 se muestran los valores de la abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas registradas en el área de estudio. En general, la comunidad evaluada presentó una abundancia absoluta de 261 Nha⁻¹, con una cobertura de copa de 4363 m²ha⁻¹. Específicamente las especies *Pinus cooperi* y *Arbutus unedo*, fueron las que presentaron los mayores y menores valores de abundancia relativa y dominancia respectivamente. El índice de valor de importancia presentó una dominancia dada por las especies de *P. cooperi* y *P. duranguensis* que en conjunto equivale al 60% de importancia ecológica. Las especies de *P. strobiformis* y *Arbutus unedo*; fueron las de menores valores de IVI con 1.26 y 0.65% respectivamente.

Tabla 4. Parámetros ecológicos de las de las especies arbóreas registradas en el área de estudio.

Table 4. Ecological parameters of the tree species recorded in the study area.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Abs. N ha ⁻¹	Rel.	Abs m ² ha ⁻¹	Rel.	Abs	Rel.	
<i>Pinus cooperi</i>	117	44.93	1883.19	43.16	12	20.00	36.03
<i>Pinus duranguensis</i>	60	23.01	1210.73	27.75	13	21.67	24.14
<i>Cupressus sempervires</i> *	34	12.88	463.34	10.62	10	16.67	13.39
<i>Pinus leiophylla</i>	11	4.38	331.98	7.61	7	11.67	7.89
<i>Juniperus depeana</i>	16	6.03	165.15	3.79	6	10.00	6.60
<i>Pinus teocote</i>	8	3.01	157.14	3.60	4	6.67	4.43
<i>Quercus sideroxylla</i>	8	3.01	9.68	0.22	4	6.67	3.30
<i>Quercus rugosa</i>	6	2.19	60.47	1.39	2	3.33	2.30
<i>Pinus strobiformis</i>	1	0.27	80.78	1.85	1	1.67	1.26
<i>Arbutus unedo</i> *	1	0.27	0.56	0.01	1	1.67	0.65
Suma	261	100	4363	100	60	100	100

Abs. = absoluta, *Rel.* = relativa, IVI = índice de valor de importancia, N·ha⁻¹ = Número de individuos por hectárea; m² ha⁻¹= metros cuadrados de cobertura de copa por hectárea.

* Especies introducidas

Distribución de las clases diamétricas

En la figura 2 de clases diamétricas muestra que la mayor abundancia se registró en los individuos de 10 cm de diámetro normal con 80 Nha⁻¹, seguido de las clases diamétricas 20, 30 y 40 con 76 Nha⁻¹, 47 Nha⁻¹ y 28 Nha⁻¹ respectivamente. Se observa una tendencia decreciente en la abundancia de individuos conforme aumenta el diámetro de éstos, siendo las categorías de 60 y 70 cm las que presentaron la menor abundancia con 6 Nha⁻¹ y 1 Nha⁻¹ respectivamente (Figura 2).

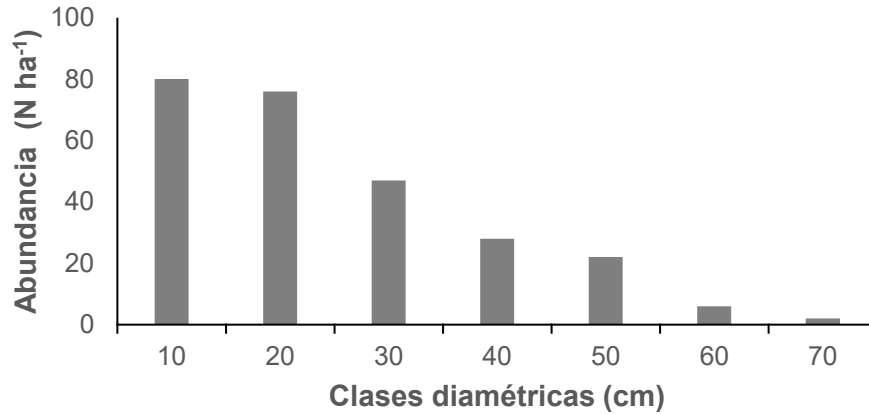


Figura 2. Distribución de las categorías diamétricas para la vegetación arbórea del bosque de galería en el río Presidio.

Figure 2. Distribution of diameter categories for the tree vegetation of the gallery forest in the Presidio River.

La Figura 3 de clases de altura no presentó una tendencia conforme aumenta o disminuye la altura de los individuos; mostrando heterogeneidad entre las mismas. Las clases 5, 10 y 20 m son las que presentan mayor densidad de individuos con 61, 69 y 64 Nha⁻¹ respectivamente, siendo en conjunto el 74.32% de la comunidad (Figura 3); mientras que el resto de las clases diamétricas presenta una baja densidad, siendo la clase 30 la de menor representatividad en la comunidad con tan solo el 0.38%.

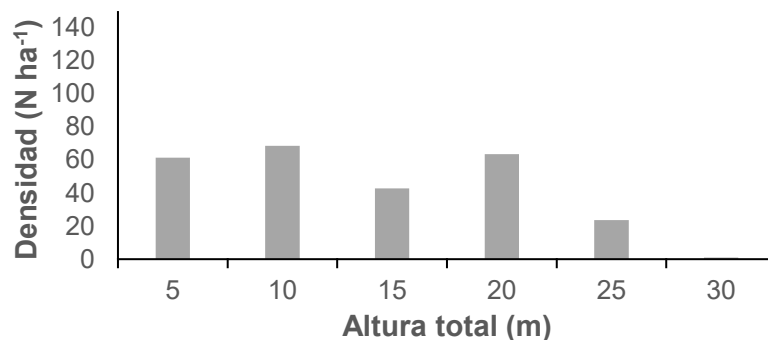


Figura 3. Distribución de clases de altura para la vegetación arbórea del bosque de galería en el río Presidio.

Figure 3. Distribution of height classes for the tree vegetation of the gallery forest in the Presidio River.

La figura 4 (rango/abundancia) describe de manera gráfica la relación entre la abundancia y las especies ordenadas en categorías de la de mayor a la de menor abundancia (Villarreal *et al.*, 2006). La distribución de las especies muestra que la diversidad-abundancia presenta una tendencia exponencial negativa, con un número pequeño de especies abundantes y una alta proporción de especies poco abundantes, lo que se refleja a través de una curva de jota invertida. En la figura 4 se aprecia que *Pinus duranguesis* y *Pinus cooperi* presentan mayor abundancia, las cuales son especies nativas de la Sierra Madre Occidental (SMO), siendo esta última endémica de México.

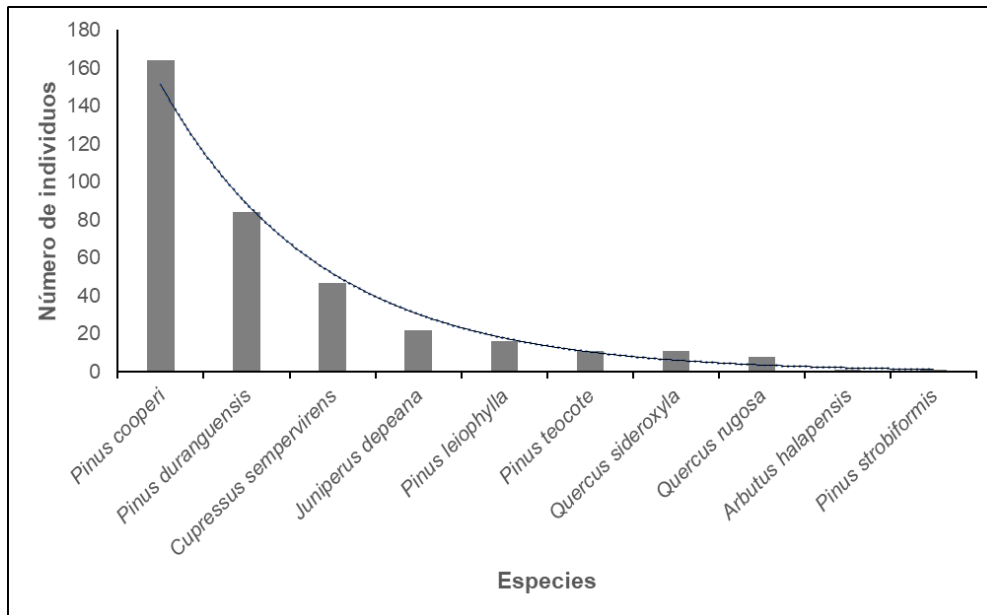


Figura 4. Gráfico dominancia-diversidad de la vegetación arbórea del bosque de galería del río Presidio.
Figure 4. Dominance-diversity graph of the tree vegetation in the gallery forest of the Presidio River.

De acuerdo con el análisis de diversidad alfa, la comunidad vegetal analizada presentó una riqueza de 10 especies, un índice de diversidad de Margalef (DMg) de 1.53, un índice de entropía de Shannon de 1.59, y un índice de Simpson de 0.27.

DISCUSIÓN

En el área estudiada el género *Pinus* fue el que figuró en mayor proporción, lo anterior ha sido reportado por diferentes estudios en los bosques de Durango (Alonso-Torrens *et al.*, 2016; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; Zúñiga Vásquez *et al.*, 2018). Cabe señalar que el número de especies registradas son similares a las encontradas por varios autores para bosques templados los cuales pueden variar de 5 a 13 especies (Avila-Flores *et al.*, 2012; Encina-Domínguez *et al.*, 2016).

En los sitios evaluados no se encontraron especies particularmente dominantes, lo que coincide con lo planteado por Holguín-Estrada *et al.*, (2021) para un bosque de galería en el Estado de Chihuahua. Aunado a lo anterior, Treviño *et al.*, (2001), Mata *et al.*, (2020) y Alanís *et al.*, (2022) mencionan que es común que en los bosques de galería no exista una dominancia clara para ninguna especie, aunque especies como *Populus deltoides* subsp. *wislizenii*, y *Platanus occidentalis*, muestran una alta capacidad de colonización ya que sus semillas son dispersadas por el viento (Treviño *et al.*, 2001).

Cupressus sempervirens es una especie nativa del Mediterráneo y en México se cultiva como planta ornamental (Kostapoulou *et al.*, 2010; UNAM, 2024). En la región de El Salto, Durango, esta especie ha sido establecida con los mismos fines, lo anterior podría ser la razón de su presencia en el área de estudio.

Los valores obtenidos de abundancia absoluta son relativamente bajos (261 Nha⁻¹) en comparación con otros estudios realizados en bosques de galería, por ejemplo, Canizales *et al.*, (2010) para un bosque de galería con poco grado de antropización registraron un total de 970 Nha⁻¹ y a su vez Alanís-Rodríguez *et al.*, (2020) reportaron 2187 N ha⁻¹ en un bosque de galería de difícil acceso y sin alteración aparente. La abundancia de la vegetación presenta similitud a lo reportado por Caballero Cruz *et al.*, (2022), quienes estimaron 267 y 273Nha⁻¹ para dos comunidades arbóreas de un bosque templado ubicado en el centro de México, lo cual podría atribuirse al efecto de las actividades que se llevan a cabo en las áreas. Por lo anterior, Alanís-Rodríguez *et al.*, (2020) señalan que las actividades antropogénicas pueden

cambiar o modificar el paisaje en cuanto a la abundancia de especies, lo cual ha sido reportado por Hernández-Salas *et al.*, (2013) y Holguín-Estrada *et al.*, (2021) para comunidades cercanas a los 2100 msnm. Particularmente en el área de estudio el manejo forestal puede ser el factor clave que favorece al desarrollo de ciertas especies de interés económico en la región, principalmente las pertenecientes al género *Pinus* (Luna Robles *et al.*, 2020; Valenzuela & Granados, 2009).

La familia Pinaceae presentó el valor más alto en dominancia relativa (84.99%), mientras que el más bajo fue para la familia Ericaceae (0.10%). Flores Morales *et al.* (2022) evaluaron la diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en Durango, México, obteniendo el 63 y 2.23% de dominancia relativa para las familias Pinaceae y Ericaceae, respectivamente, lo cual es similar a lo reportado en el presente estudio. Las especies con mayor dominancia relativa fueron *Pinus cooperi* Blanco y *Pinus duranguensis* Martínez con 43.16 y 27.75%, respectivamente, esto difiere con lo obtenido por Aguilar Luna (2018), quien reportó 0.43% para una especie de pino en bosque de galería en Puebla, además, menciona que lo más común a lo largo de los bosques de galería es que no exista una dominancia estricta para ninguna especie.

La familia Pinaceae obtuvo el mayor valor de IVI. Diversos autores han reportado a esta familia como una de las de mayor importancia en bosques templados Manzanilla *et al.* (2020), Silva-García *et al.* (2021) y Villela-Suárez *et al.* (2021). Las especies que presentaron valores superiores en el IVI fueron *Pinus cooperi* (36.03%) y *Pinus duranguensis* (24.14%), este último valor fue similar a lo obtenido por Holguín-Estrada *et al.*, (2021) para la misma especie (20.4%) en un bosque de galería y por Rascón-Solano *et al.*, (2022) (55.93%) para bosques templados del noroeste y noreste de México respectivamente. Cuando una especie alcanza un valor de importancia destacado, es indicador de una clara dominancia ecológica, y es común que unas cuantas especies, con valores de importancia más altos, representen las poblaciones más significativas de los ecosistemas (Guzmán-Lucio, 2009; Manzanilla *et al.*, 2020).

Los índices de diversidad se calculan para comparar la diversidad y abundancia de especies en diferentes condiciones a una escala similar; cuanto mayor es su número, más alta será su riqueza y diversidad. El valor obtenido para el índice de entropía de Shannon (H') (1.59) puede clasificarse como bajo si se tiene en cuenta que valores menores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son considerados altos (Shannon, 1948); lo cual indica que no existe homogeneidad en la abundancia de las especies. El resultado es similar a los obtenidos por Alanís *et al.* (2008); Graciano-Ávila *et al.* (2017) para bosques templados y por (Holguín-Estrada *et al.* 2021) para un bosque de galería en el estado de Chihuahua, México. La riqueza de especies del índice de Margalef (1.53) se considera baja ya que los inferiores a 2.00 son considerados como baja diversidad y los superiores a 5.00 se consideran como indicativos de alta diversidad (Margalef, 1972); resultados similares reportaron (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2012; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; López-Hernández *et al.*, 2017) para comunidades de bosques templados.

Aunado a lo anterior en estas zonas el manejo forestal puede influir sobre la diversidad de especies ya que, por lo general, el objetivo de la aplicación de los tratamientos silvícolas es promover el establecimiento de las especies con mayor interés económico derivando a tener una masa forestal más uniforme (García *et al.*, 2019; Hernández, 2007).

Referente a la distribución de las clases diamétricas, los resultados del presente estudio presentaron una tendencia negativa respecto a las variables de densidad y abundancia, lo cual coincide con (Canizales-Velázquez *et al.*, 2021) quienes mencionan que este comportamiento es debido a la densidad del arbolado joven respecto al arbolado en etapa de madurez, lo anterior puede estar atribuido a los efectos del manejo forestal implementados en la zona.

A pesar de que García *et al.* (2019) plantean que los estudios para evaluar las características estructurales de las comunidades en México han crecido exponencialmente, aún son insipientes los estudios respecto a los bosques de galerías, principalmente en la Sierra Madre Oriental.

CONCLUSIONES

La comunidad vegetal evaluada presenta valores estructurales de abundancia, dominancia (cobertura de copa) e índice de valor de importancia similares a los de un bosque templado y no a los de un bosque de galería, lo anterior se atribuye a las prácticas de manejo forestal que están enfocadas a la producción maderable de árboles de grandes dimensiones. Las clases diamétricas indican un estado de regeneración activo donde existe un alto número de ejemplares de porte bajo, lo que confirma el gráfico de clases diamétricas, al presentar varios pisos de altura. Los índices de riqueza y diversidad son similares a otros bosques templados de altitudes similares.

La estructura de la vegetación arbórea del bosque de galería estudiado indicó un bajo número de especies de forma general y casi nula representación de especies indicadoras de cuerpos de agua. Las especies con mayor IVI fueron *Pinus cooperi* y *P. duranguensis*. Las variables diversidad, abundancia y dominancia también mostraron bajos valores, siguiendo una tendencia negativa respecto a las clases diamétricas y de alturas, indicando una vegetación heterogénea con mayor número de individuos en las categorías inferiores.

Asimismo, estos resultados podrían contribuir a los estudios de la vegetación riparia en otras localidades de la región que compartan características similares. Permitiendo de esta manera tener una referencia sobre la dinámica de la vegetación y de los cambios a futuro que pudieran presentar; lo cual permitirá crear herramientas para la toma de decisiones tanto para la restauración de la vegetación ribereña como para las elaboraciones de los planes de manejos en la parte alta del río Presidio.

LITERATURA CITADA

- Aguilar Luna, J. M. E. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea de un bosque de galería en el estado de Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9 (47), 230–252.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., & Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus- Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1208–1214. <https://doi.org/10.7550/rmb.29708>
- Alanís-Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E. A., Canizales-Velázquez, P. A., Mora-Olivo, A., Pequeño-Ledezma, M. Á., & Buendía Rodríguez, E. (2020). Structure and diversity of a gallery forest in northeastern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(58), 134-153. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.591>
- Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, Ó., Treviño, E., Jurado, E., & González, M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral tamaulipeco. *Ciencias UANL*, 11, 56–62.
- Alanís, E., Mora, A., & Marronquín, J. (2020). *Muestreo ecológico de la vegetación*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Alanís, E., Mora, A., Molina, V. M., Gárate, H., & Sigala, J. Á. (2022). Urban tree characterization in the downtown area of Hualahuises, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 29–49. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1271>
- Alonso-Torrens, Y., Ramón-Hernández Martínez, F., Barrero-Medel, H., López-Ibarra, G., Madanes, N., & Prieto-Méndez, J. (2016). Estructura y composición de la vegetación de pinares de Alturas de Pizarras en la empresa agroforestal Minas, Cuba. *Madera y Bosques*, 22(3), 75–86.
- Avila-Flores, D. Y., González-Tagle, M. A., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., Vargas-Larreta, B., Salto, E., Nuevo, P., & México, D. (2012). Sierra madre oriental, México. [Stand structure of *Pinus hartwegii* affected by fire using neighbourhood parameters in the Sierra madre oriental, Mexico.]. In *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15(2), 337-387.
- Brower, J. E., Zar, J. ., & Von Ende, C. N. (1998). *Fiel and laboratory methods for general ecology (Vol. 4)* (W. McGraw-Hill (ed.).

- Caballero Cruz, P., Treviño-Garza, E. J., Mata-Balderas, J. M., Alanís-Rodríguez, E., Yereña-Yamallel, J. I., & Cuéllar Rodríguez, L. (2022). Análisis de la estructura y diversidad arbórea de bosques templados en la ladera oriental del volcán Iztaccihuatl, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71), 76–102.
- Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., García-García, S. A., Holguín-Estrada, V. A., & Collantes-Chávez-Costa, A. (2021). Estructura y diversidad de un bosque de galería urbano en el río Camachito, noreste de México. *Polibotánica*, (51), 91-105 . <https://doi.org/10.18387/polibotanica.51.6>
- Canizales, P. A., Alanís, G. J., Favela, S., Torres, M., Alanís, E., Jiménez, J., & Padilla, H. (2010). Efecto de la actividad turística en la diversidad y estructura del bosque de galería en el noreste de México. *Ciencia UANL*, XIII(1), 55–63. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40211897009>
- CONAFOR. (2011). *Manual y procedimientos para el muestreo en campo* (SEMARNAT (ed.)).
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476–496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- Ding, J., & Zhao, W. (2016). Comparing Chinese and international studies of riparian forests: A bibliometric survey (1981–2014). In *Shengtai Xuebao* (Vol. 36, Issue 5, pp. 377–385). Science Press. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2016.05.004>
- Dufour, S., Rodríguez-González, P. M., & Laslier, M. (2019). Tracing the scientific trajectory of riparian vegetation studies: Main topics, approaches and needs in a globally changing world. In *Science of the Total Environment* (Vol. 653, pp. 1168–1185). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.383>
- Encina-Domínguez, J. A., Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. A., Villaseñor, J. L., Cantú-Ayala, C. M., & Arévalo, J. R. (2016). Floristic richness of the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, Mexico. *Phytotaxa*, 283(1), 1–42. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.283.1.1>
- Eskelson, B. N. I., Anderson, P. D., & Temesgen, H. (2013). Sampling and Modeling Riparian Forest Structure and Riparian Microclimate. In *Density Management in the 21st Century: West Side Story* (Gen. Tech. Rep., pp. 126–135). Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Etchegaray, D., Jarabo, P., & Flores, A. (2022). Consideraciones y aspectos fundamentales de la nueva ley de humedales de la provincia de misiones. *Revista Electrónica Del Departamento e Ciencias Sociales UNLU*, 9, 94–113.
- Flores Morales, E. A., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., González Tagle, M. A., Alanís-Rodríguez, E., Angeles Pérez, G., & Huizar Amezcua, F. (2022). Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. *Polibotánica*, 54, 11–26.
- García-García, S. A., Holguín-Estrada, V. A., & Collantes-Chávez-Costa, A. (2019). Diversity and vertical structure of the pine-oak forest in Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 41-63 . <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.173>
- González-Elizondo, S., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González, L., & López-Enríquez, L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana*, 100(1), 351–404. <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>
- González, E., Sher, A. A., Tabacchi, E., Masip, A., & Poulin, M. (2015). Restoration of riparian vegetation: A global review of implementation and evaluation approaches in the international, peer-reviewed literature. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 158, pp. 85–94). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.033>
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Luján-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>
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 12(1), 55–69.

- Guerrero-Hernández, R., González-Gallegos, G., & Castro-Castro, Y. A. (2014). Análisis florístico de un bosque de *Abies* y el bosque mesófilo de montaña adyacente en Juanacatlán, Mascota, Jalisco, México. *Botanical Sciences*, 92(4), 541–562.
- Guzmán-Lucio, M. A. (2009). Distribución sistemática y algunos aspectos ecológicos del mezquite *Prosopis* spp. (L) en el estado de Nuevo León, México. In *Doctoral dissertation*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Alvarez, 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(2), 189–199. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Hernández, I. (2007). *Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Holguín-Estrada, V. A., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Yerena-Yamallel, J. I., & Pequeño-Ledezma, M. Á. (2021). Structure and floristic composition of a gallery forest in an altitudinal gradient in the northwest of México. *Madera y Bosques*, 27(2), 1-16 . <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722123>
- INEGI. (2020). *Mapas de corriente de agua*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2022). *Conteo de población y vivienda por localidad*. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) Disco Compacto. México.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113, 2, 263–275.
- Kostapoulou, P., Radaglou, K., Dini-Papanastasi, & Spyroglou, G. (2010). Enhancing planting stock quality of Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L.) by pre-cultivation in mini-plugs. *Ecological Engineering*, 36(7), 912–919. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.04.004>
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-Gonzalez, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición and diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera Bosques*, 23(1), 39–51. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Luna Robles, E. O., Cantú Silva, I., & Yáñez Díaz, M. I. (2020). Efectos del manejo forestal en la composición y diversidad de la regeneración natural arbórea en bosques de la Sierra Madre Occidental. *Polibotánica*, 50, 19-30. <https://doi.org/10.18387/polibotánica.50.2>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity* (A. E. Magurran (ed.); 1era ed.). Blackwell Science Ltd.
- Manzanilla, G. E., Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Yerena-Yamallel, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados al sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11 (61), 94–123.
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., & Gleiser, R. (2012). Manual de Ecología Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*. *Serie Ecología*, 5(1), 71–115.
- Mata, J. M., Hernández, S. E., Alanís, E., & Mora, A. (2020). Riqueza, composición y abundancia de especies en una comunidad vegetal ribereña en el río Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León. *CienciaUAT*, 14(2), 6-20. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1248>
- Méndez-Toribio, M., Zermeño-Hernández, I., & Ibarra-Manríquez, G. (2014). Effect of land use on the structure and diversity of riparian vegetation in the Duero river watershed in Michoacán, Mexico. *Plant Ecology*, 215(3), 285–296. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0297-z>
- Naiman, R. J., & Decamps, H. (1997). The Ecology of Interfases: Riparian Zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 621–658. <http://www.jstor.org/stable/2952507>
- Poff, B., Koestner, K. A., Neary, D. G., & Henderson, V. (2011). Threats to riparian ecosystems in Western North America: An analysis of existing literature. *Journal of the American Water Resources Association*, 47(6), 1241–1254. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2011.00571.x>

Recibido:
10/octubre/2023

Aceptado:
20/junio/2024

- 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), 136–165.
- Richardson, D. M., Holmes, P. M., Esler, K. J., Galatowitsch, S. M., Stromberg, J. C., Kirkman, S. P., Pyšek, P., & Hobbs, R. J. (2007). Riparian vegetation: Degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions*, 13(1), 126–139. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00314.x>
- Risser, R. J., & Harris, R. (1989). Mitigation for Impacts to Riparian Vegetation on Western Montane Streams. In J. A. Gore & G. E. Petts (Eds.), *Alternatives in regulated river management* (II, pp. 236–247). CRC Press, Inc.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (ed.); 1ra. edición digital).
- SEMARNAT. (2011). *Anuario estadístico de la producción forestal 2009*. México: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/forestalsuelos/Anuarios/>
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 623–656. <https://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>
- 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 Noreste de México. *Polibotánica*, 52, 89–102.
- Treviño, J. E., Camacho, C., & Aguirre, O. A. (2001). Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. *Madera y Bosques*, 7(1), 13–25.
- Tropicos. (2023). *Tropicos.org. Missouri Botanical Garden*. <http://www.tropicos.org>
- UNAM. (2024). *Cupressus sempervirens*. http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/ArbolesArbustosFCiencias/Gimnospermas/cupressus_sempervirens.html
- Valenzuela, L. M., & Granados, D. (2009). Caracterización fisionómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 15(1), 29–41.
- Vargas-Ríos, O. (2021). *Bases ecológicas y sociales para la restauración de los páramos* (Primera ed).
- Villela-Suárez, J. M., García-Espinoza, G. G., Marroquín-Castillo, J. . J., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., & Alanís-Rodríguez, E. (2021). Composición y diversidad arbórea de un bosque de coníferas en el suroeste de Chihuahua, México. *E-CUCBA*, 17, 96–103.
- Zúñiga Vásquez, J. M., Martínez López, E. A., Navarrete Gallardo, C., Graciano Luna, J. de J., Maldonado Ayala, D., & Cano Mejía, B. (2018). Análisis ecológico de un área de pago por servicios ambientales hidrológicos en el ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango, México. *Investigación y Ciencia*, 26(73), 27–36.

ANEXOS

