

## Estructura arbórea en regímenes hidrológicos presentes en un bosque de galería del noreste de México

### Arboreal structure in hydrological regimes present in a gallery forest of northeast Mexico

María de Fátima Amaran-Ruiz<sup>1</sup> , Eduardo Alanís-Rodríguez<sup>1</sup> , Guadalupe Geraldine García-Espinoza<sup>2</sup> , Gabriel Graciano-Ávila<sup>3\*</sup> , José Manuel Mata-Balderas<sup>1</sup> , Armando Alberto Luna-Robles<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Carretera Linares-Cd. Victoria km 145, Apartado Postal 41, CP. 67700. Linares, Nuevo León, México.

<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Agro-biología "Presidente Juárez". Paseo de la Revolución #1, Col. E. Zapata, CP. 60170. Uruapan, Michoacán, México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto. Mesa del Tecnológico s/n. CP. 34942. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México.

\*Autor de correspondencia: gabri.e.l@hotmail.com

#### Artículo científico

Recibido: 27 de marzo 2023

Aceptado: 06 de enero 2024

**RESUMEN.** El estudio de la estructura y diversidad de los ecosistemas forestales es fundamental para comprender el funcionamiento y dinámica de los bosques. Se describió la estructura y diversidad de especies leñosas en diferentes tipos de curso de agua a lo largo del río Santa Catarina en Nuevo León, México. Se identificaron tres condiciones hidrológicas: permanente (I), semipermanente (II) y temporal (III). En cada condición se establecieron 14 sitios rectangulares de 1 000 m<sup>2</sup>, todas las especies de cada sitio fueron identificadas. Se midió el diámetro de la copa de cada individuo, el Índice de Valor de Importancia (IVI) de condición. La riqueza y diversidad de especies fue calculada con los índices de Margalef ( $D_{Mg}$ ) y Shannon-Wiener ( $H'$ ). Además, se determinó la similitud entre condiciones con el índice de Sorensen ( $I_s$ ). Se identificaron 32 especies, 29 géneros y 16 familias. La condición I registró mayor riqueza específica y diversidad con 28 especies y un valor de diversidad  $H' = 2.41 \pm 0.710$ , en donde *Salix nigra* presentó el mayor IVI. La condición II presentó la mayor riqueza de Margalef con un valor  $D_{Mg}$  de  $1.77 \pm 0.22$ . En la condición III *Leucaena leucocephala* fue la especie más importante. La similitud entre condiciones fue mayor al 50%. Los resultados demuestran la variación estructural de la vegetación en diferentes regímenes hidrológicos, lo cual constituye una base sólida para futuras investigaciones sobre el desarrollo de la vegetación asociada al río Santa Catarina, y otras áreas riparias del norte de México.

**Palabras clave:** Abundancia, área de copa, diversidad, río Santa Catarina, similitud.

**ABSTRACT.** The study of the structure and diversity of forest ecosystems is essential to understand the functioning and dynamics of forests. The structure and diversity of woody species in different types of watercourses along the Santa Catarina river in Nuevo Leon, Mexico were described. Three conditions were identified: permanent (I), semi-permanent (II) and temporary (III). In each condition, 14 rectangular sites of 1 000 m<sup>2</sup> were established. All species were identified. The crown diameter of each individual was measured. The Importance Value Index (IVI) was determined for each condition. Species richness and diversity was calculated with the Margalef ( $D_{Mg}$ ) and Shannon-Wiener ( $H'$ ) indices. In addition, the similarity between conditions was determined using the Sorensen index ( $I_s$ ). 32 species, 29 genus and 16 families were identified. Condition I recorded greater specific richness and greater diversity with 28 species and a diversity value  $H' = 2.41 \pm 0.710$ , where *Salix nigra* presented the highest IVI. Condition II presented the highest Margalef richness with a  $D_{Mg}$  value =  $1.77 \pm 0.22$ . In condition III *Leucaena leucocephala* turned out to be the most important species. The similarity between conditions was greater than 50%. The results demonstrate the structural variation of the vegetation in different hydrological regimes, which constitutes a solid base for future investigations on the development of the vegetation associated with the Santa Catarina river, and other riparian areas of north of Mexico.

**Keywords:** Abundance, crown area, diversity, Santa Catarina river, similarity.

**Como citar:** Amaran-Ruiz MF, Alanís-Rodríguez E, García-Espinoza GG, Graciano-Ávila G, Mata-Balderas JM, Luna-Robles AA (2024) Estructura arbórea en regímenes hidrológicos presentes en un bosque de galería del noreste de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(1): e3705. DOI: 10.19136/era.a11n1.3705.

## INTRODUCCIÓN

La descripción de la estructura y composición de los ecosistemas forestales es de gran importancia para conocer los diferentes procesos ecológicos, el funcionamiento y la dinámica de los bosques (Silva-González *et al.* 2021). Las especies arbóreas y arbustivas contribuyen de manera importante a la complejidad y heterogeneidad estructural, funcional y ambiental de los ecosistemas forestales (Kumar y Sharma 2015). La riqueza de especies es un indicador fácilmente medible de la diversidad y junto a los patrones de diversidad mejoran la comprensión de la conservación y manejo de los bosques (Zhang *et al.* 2013).

En las diferentes etapas sucesionales del desarrollo de las comunidades vegetales, la composición de especies se ve influenciada por varios factores, entre ellos, el tiempo, altitud, pendiente, suelo, humedad, precipitación, perturbaciones naturales y perturbaciones de origen antrópico (Rodríguez y Lumbreras 2022). Por ejemplo, el cambio de altitud y presencia de cuerpos de agua provoca cambios en las condiciones climáticas y del sitio, en donde, la riqueza y distribución de especies de una comunidad vegetal específica cambia claramente junto con los gradientes fitogeográficos (Malik *et al.* 2014). Los estudios sobre la distribución y diversidad de la vegetación arbórea, arbustiva y especies suculentas, son de suma importancia para comprender la estructura y ecología de un ecosistema forestal. Además, la estructura y la diversidad contribuyen en el almacenamiento de carbono en ecosistemas forestales, el cual puede variar ante diferentes condiciones (Aryal *et al.* 2014). Por lo tanto, los cambios en la estructura pueden modificar la captura de carbono (Dybala *et al.* 2019).

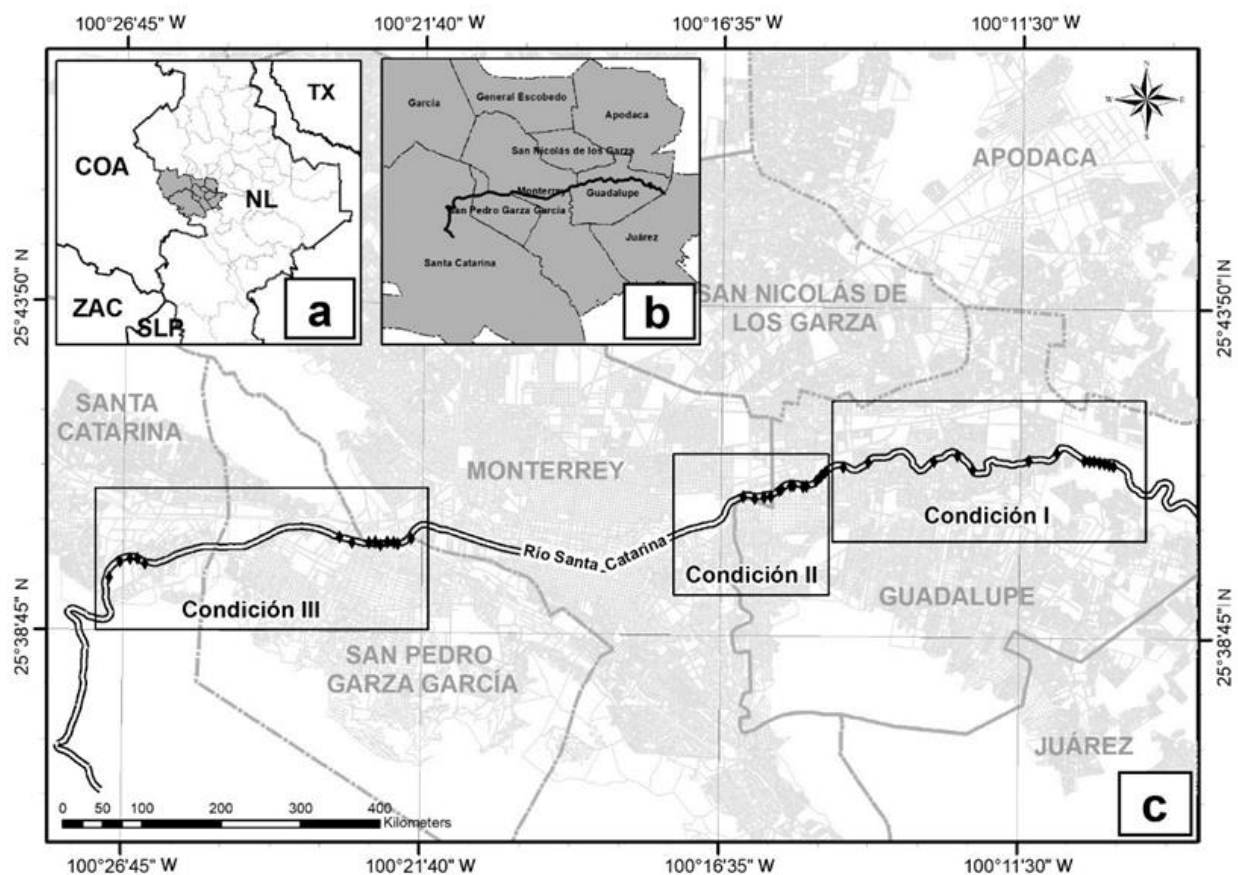
Los bosques de galería corresponden a formaciones vegetales que se desarrollan a través de franjas estrechas en las riberas de los ríos, son comunidades forestales complejas y frágiles con alto valor ecológico, hidrológico y de biodiversidad para la conservación de los ríos (Meli *et al.* 2017). De manera particular, en los ríos, los patrones de distribución de las especies están relacionados con variables edáficas, microtopográficas y gradientes altitudinales, los cuales conducen a cambios en la diversidad y estructura (Velasco-Luis *et al.* 2023).

En el norte de México se han desarrollado diversas investigaciones que evalúan la estructura de especies arbóreas y arbustivas de bosques de galería (Treviño *et al.* 2001, Canizales *et al.* 2010, Alanís-Rodríguez *et al.* 2020b, Mata-Balderas *et al.* 2020, Canizales-Velázquez *et al.* 2021); sin embargo, es importante conocer el comportamiento de la vegetación arbórea ante la presencia de diferentes regímenes de agua en los ríos, pues el tipo de especies presentes define el paisaje fluvial en una cuenca y genera patrones característicos de distribución (Martínez y Madrid 2022). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue describir la variación de estructura, composición y diversidad de las especies leñosas en diferentes tipos de curso de agua a lo largo de un gradiente fitogeográfico en el Área Metropolitana de Monterrey. La información generada contribuirá en la toma de decisiones de manejo y conservación de la vegetación del área de estudio y servirá como base para futuras investigaciones en bosques de galería en regímenes hidrológicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un segmento del río Santa Catarina perteneciente al área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León. El área estudiada se encuentra enmarcada geográficamente entre los 25° 33' 25" y 25° 37' 05" LN y 99° 57' 00" y 100° 27' 36" LO (Figura 1), con una variación altitudinal de 306 a 750 m. Orográficamente se localiza entre las zonas fisiográficas Llanuras Costeras del Golfo y la Sierra Madre Oriental. El clima predominante es seco estepario, cálido y extremoso con lluvias irregulares en verano y una precipitación promedio de 634 mm. La temperatura media anual es de 18 °C a 22 °C. El tipo de suelo predominante es feozem (FAO 2015).



**Figura 1.** Localización del área de estudio. Estado de Nuevo León, México (a). Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León (b). Río Santa Catarina (c).

### Muestreo de la vegetación

Los datos provienen de 42 sitios rectangulares de 50 m x 20 m (1 000 m<sup>2</sup>), con espaciamento entre 100 y 200 m a lo largo del río desde un punto aleatorio seleccionado a partir de un mapa de geolocalización en el software ArcGIS versión 10.2 (ESRI 2013), establecidos en el período de octubre de 2018 a mayo de 2019. Se consideraron tres condiciones determinadas por el régimen hídrico existente: condición I, con régimen de agua permanente; condición II, con un

régimen hídrico semipermanente y la condición III, la cual se diferencia de las demás por presentar régimen de agua de manera temporal (es decir, el río solo lleva agua cuando existen sucesos de precipitaciones o apertura de compuertas de la presa que se encuentra aguas arriba). El número de sitios óptimos para el muestreo se determinó mediante curvas de acumulación de especies, obtenidas en el software Estimates Software V9.0. para cada una de las condiciones de forma independiente; para cada condición se establecieron 14 sitios. Se realizó un censo de todos los individuos de especies suculentas, arbustos y árboles  $\geq 5$  cm de diámetro basal ( $d_{0.10}$ ), la variable considerada fue el diámetro de copa ( $d_{copa}$ ) en sentido norte-sur y este-oeste, medida con una cinta métrica, y las especies fueron corroboradas con la base de datos de The International Plant Names Index (IPNI 2020).

### Análisis de datos

Se calculó la abundancia de cada especie de acuerdo al número de individuos, su dominancia en función de la cobertura de copa y su frecuencia con base a su presencia en los sitios de muestreo. Los resultados se emplearon para calcular un valor ponderado a nivel de taxón, denominado Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual se expresa en términos porcentuales en una escala de 0 a 100 (Curtis y McIntosh 1951).

Para estimar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ) y para la diversidad alfa el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Magurran 1988). Se verificaron los supuestos de normalidad con base a la prueba estadística de Shapiro-Wilk, posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para los índices de diversidad, abundancia y dominancia en cada condición. Se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar diferencias con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el Software IBM® SPSS® Statistic versión 19 (Zar 2009).

Para la diversidad beta ( $\beta$ ) se utilizó el índice de Sorensen ( $I_s$ ):

$$I_s = \frac{2 \times C}{A + B} \times 100$$

Donde  $I_s$  es el índice de Sorensen,  $C$  es las especies en común,  $A$  y  $B$  son los sitios comparados. Este índice varía potencialmente entre 0 y 1, y un valor cercano a 1 indica mayor similitud y, por lo tanto, baja diversidad  $\beta$  (Magurran 1988).

## RESULTADOS

### Composición

Se registraron 1 536 individuos distribuidos en 16 familias, 29 géneros y 32 especies. Las familias Fabaceae y Asparagaceae registraron el mayor número de especies, con ocho y tres, respectivamente, seguidas de las familias Asteraceae, Cactaceae y Salicaceae con dos especies cada una; las restantes registraron sólo una especie. Respecto a la forma de vida, el 50% son arbóreas, el 34% arbustivas y 16% suculentas (Tabla 1).

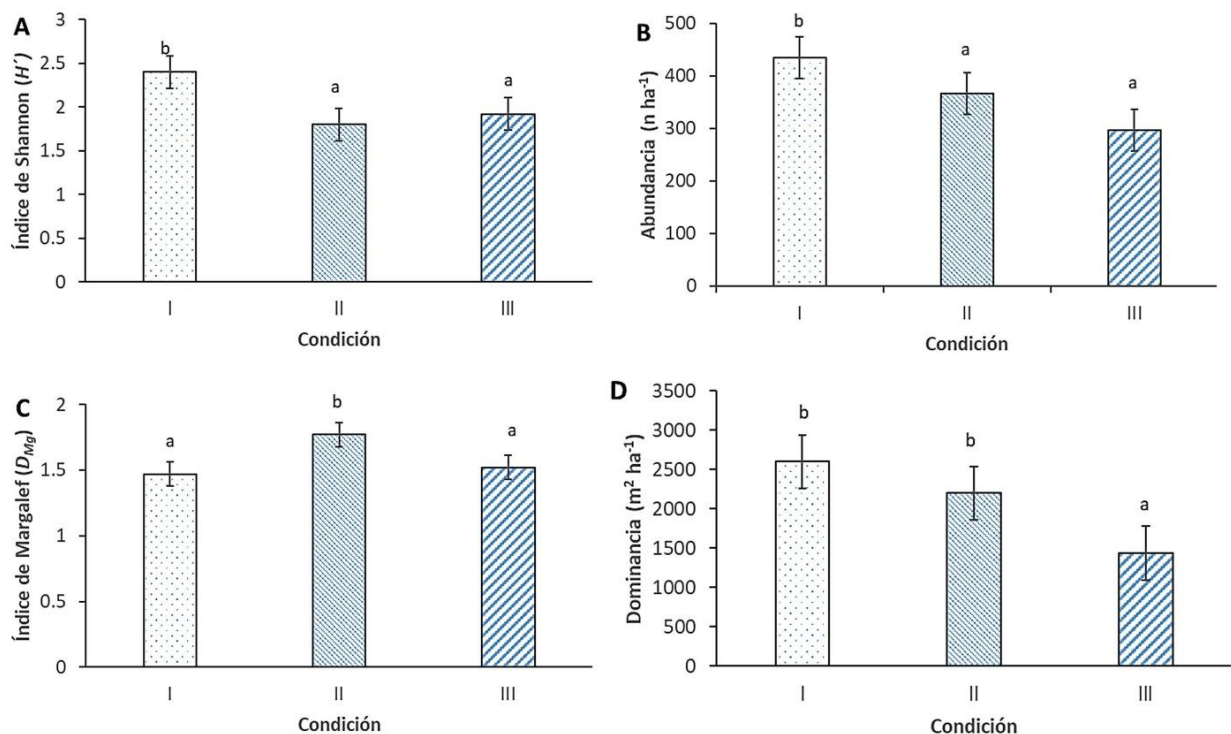
**Tabla 1.** Familia, nombre científico y forma de vida de las especies registradas en el área de estudio.

Familia	Especie (nombre científico)	Forma de Vida
Areceaceae	<i>Washingtonia filifera</i> (Linden ex André) H.Wendl.	Arborea
	<i>Agave americana</i> L.	Suculenta
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Suculenta
	<i>Yucca filifera</i> Engelm.	Suculenta
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Arbustiva
	<i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G.Don	Arbustiva
Boraginaceae	<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berland.) I.M.Johnst.	Arborea
Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i> (L.) Hummelinck	Suculenta
	<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.	Suculenta
Convolvulaceae	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	Arbustiva
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Arbustiva
	<i>Caesalpinia mexicana</i> A.Gray	Arborea
	<i>Celtis laevigata</i> Willd.	Arborea
	<i>Celtis pallida</i> Torr.	Arborea
	<i>Dalea scandens</i> (Mill.) R.T.Clausen	Arbustiva
	<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	Arbustiva
	<i>Leucaena leucocephala</i> subsp. <i>glabrata</i> (Rose) Zárate	Arborea
	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Arborea
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Arborea
	<i>Prosopis glandulosa</i> var. <i>torreyana</i> (L.D.Benson) M.C.Johnst.	Arborea
Meliaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	Arbustiva
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Arborea
	<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Arborea
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	Arbustiva
Oleaceae	<i>Fraxinus americana</i> L.	Arborea
Platanaceae	<i>Platanus occidentalis</i> L.	Arborea
Poaceae	<i>Arundo donax</i> L.	Arbustiva
	<i>Populus mexicana</i> Sarg.	Arborea
Salicaceae	<i>Salix nigra</i> Marshall	Arborea
	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Arborea
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Arborea
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i> I. M. Johnst.	Arbustiva
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Arbustiva



## Estructura

En la condición I (permanente) se registró una densidad de 434.29 individuos  $\text{ha}^{-1}$ , de los cuales, el 26.32% corresponde a *Salix nigra*, seguido de *Leucaena leucocephala* con 16.61% y *Fraxinus americana* con 12.66%, las demás especies presentaron una abundancia menor al 10%, se presentó diferencia significativa al comparar con las demás condiciones (Figura 2). La dominancia (cobertura de copa) fue de 2 708.35  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ , en donde *S. nigra* presentó una cobertura de 53.15%, seguida de *L. leucocephala* con 16.9% y *F. americana* con 7.74%. La especie *S. nigra* fue la de mayor frecuencia, se presentó en todos los sitios de muestreo de esta condición (100%), seguida de *L. leucocephala* que se presentó en el 85.71% de los sitios de muestreo. La especie con el mayor peso ecológico (IVI) lo registró *S. nigra* con 31.64% del total de especies presentes en esta condición, mientras que, el menor valor fue para *Agave americana* y *Yucca filifera* (Tabla 2).



**Figura 2.** Valores por condición para índice de Shannon ( $H'$ ) (A), abundancia (B), índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ) (C) y dominancia (D). Condición I (permanente), condición II (semipermanente) y condición III (temporal). Valores promedios  $\pm$  error estándar. Letras diferentes (a, b) indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

Para la condición II (semipermanente), se registró una densidad de 366.41 individuos  $\text{ha}^{-1}$ , siendo *S. nigra* la que obtuvo mayor representatividad con 26.12%, seguida de *L. leucocephala* con 22.22% y *F. americana* con 16.37%. Las demás especies presentaron una abundancia menor al 15%. Respecto a la dominancia, se presentó una cobertura de área de copa de 2 127.41  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ , la especie *S. nigra* fue la más dominante con 49.68% del total, seguida de *L. leucocephala* con el 19.51%, las demás especies registraron una dominancia menor al 10%, se presentó diferencia significativa en las condiciones I y II (Figura 2).

**Tabla 2.** Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en la condición I.

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI %
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
	n ha <sup>-1</sup>	%	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	%		%	
<i>Salix nigra</i>	114.29	26.32	1439.59	53.15	100.00	13.21	30.89
<i>Leucaena leucocephala</i>	72.14	16.61	457.69	16.90	85.71	11.32	14.94
<i>Fraxinus americana</i>	55.00	12.66	209.56	7.74	71.43	9.43	9.94
<i>Baccharis salicifolia</i>	20.00	4.61	203.48	7.51	71.43	9.43	7.18
<i>Populus mexicana</i>	41.43	9.54	197.41	7.29	35.71	4.72	7.18
<i>Ricinus communis</i>	35.00	8.06	23.78	0.88	50.00	6.60	5.18
<i>Leucophyllum frutescens</i>	17.14	3.95	15.11	0.56	28.57	3.77	2.76
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.71	0.16	28.15	1.04	42.86	5.66	2.29
<i>Celtis laevigata</i>	13.57	3.13	16.98	0.39	21.43	2.83	2.12
<i>Parkinsonia aculeata</i>	7.14	1.64	10.20	0.38	28.57	3.77	1.93
<i>Ehretia anacua</i>	6.43	1.48	17.02	0.63	21.43	2.83	1.65
<i>Pithecellobium dulce</i>	9.29	2.14	9.14	0.16	14.29	1.89	1.40
<i>Caesalpinia mexicana</i>	4.29	0.99	6.05	0.22	21.43	2.83	1.35
<i>Arundo donax</i>	1.43	0.33	10.64	0.63	21.43	2.83	1.26
<i>Tecoma stans</i>	0.71	0.16	20.64	0.76	21.43	2.83	1.25
<i>Prosopis glandulosa</i>	6.43	1.48	18.08	0.34	14.29	1.89	1.24
<i>Nicotiana glauca</i>	4.29	0.99	4.30	0.67	14.29	1.89	1.18
<i>Vachellia rigidula</i>	5.00	1.15	7.11	0.26	14.29	1.89	1.10
<i>Platanus occidentalis</i>	3.57	0.82	0.13	0.13	14.29	1.89	0.95
<i>Opuntia engelmanni</i>	4.29	0.99	3.64	0.00	7.14	0.94	0.64
<i>Agave lechuguilla</i>	3.57	0.82	1.44	0.00	7.14	0.94	0.59
<i>Melia azederach</i>	2.86	0.66	0.68	0.13	7.14	0.94	0.58
<i>Sapindus saponaria</i>	2.14	0.49	0.81	0.03	7.14	0.94	0.49
<i>Celtis pallida</i>	0.71	0.16	3.15	0.12	7.14	0.94	0.41
<i>Acanthocereus tetragonus</i>	0.71	0.16	0.02	0.03	7.14	0.94	0.38
<i>Pluchea carolinensis</i>	0.71	0.16	0.02	0.05	7.14	0.94	0.38
<i>Agave americana</i>	0.71	0.16	3.51	0.00	7.14	0.94	0.37
<i>Yucca filifera</i>	0.71	0.16	0.02	0.00	7.14	0.94	0.37
Total condición I	434.29	100.00	2708.35	100.00	757.14	100.00	100.00

En cuestión de frecuencia, *S. nigra* registró la mayor presencia en los sitios de muestreo, seguida de *L. leucocephala* y *F. americana*. Al igual que en la condición I, la especie *S. nigra* presentó el mayor valor de IVI con 31.64%, seguida de *L. leucocephala* con 14.94%, las especies que

presentaron el menor peso ecológico fueron *Pithecellobium dulce* y *Vachellia farnesiana* con 0.56% (Tabla 3).

**Tabla 3.** Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en la condición II.

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI %
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
	n ha <sup>-1</sup>	%	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	%		%	
<i>Salix nigra</i>	95.71	26.12	1056.83	49.68	92.86	19.12	31.64
<i>Leucaena leucocephala</i>	81.43	22.22	415.02	19.51	78.57	16.18	19.30
<i>Fraxinus americana</i>	60.00	16.37	203.95	9.59	78.57	16.18	14.05
<i>Arundo donax</i>	48.57	13.26	125.80	5.91	50.00	10.29	9.82
<i>Ricinus communis</i>	26.43	7.21	73.23	3.44	50.00	10.29	6.98
<i>Baccharis salicifolia</i>	7.14	1.95	137.57	6.47	50.00	10.29	6.24
<i>Dalea scandens</i>	39.29	10.72	2.52	0.12	14.29	2.94	4.59
<i>Populus mexicana</i>	0.71	0.19	81.64	3.84	28.57	5.88	3.30
<i>Parkinsonia aculeata</i>	1.43	0.39	22.86	1.07	14.29	2.94	1.47
<i>Pluchea carolinensis</i>	3.57	0.97	0.45	0.07	7.14	1.47	0.84
<i>Platanus occidentalis</i>	0.71	0.19	5.74	0.27	7.14	1.47	0.64
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.71	0.19	1.44	0.02	7.14	1.47	0.56
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.71	0.19	0.36	0.02	7.14	1.47	0.56
Total condición II	366.41	100.00	2127.41	100.00	485.71	100.00	100.00

En la condición III (temporal) se presentó una densidad de 297.12 individuos ha<sup>-1</sup>, la especie de mayor abundancia fue *Baccharis salicifolia* con 31.73% de la abundancia total, seguida por *L. leucocephala* y *Populus mexicana* con el 25.72% y el 12.26%, respectivamente. La cobertura de copa (dominancia total) que se registró fue 1158.33 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, la especie que presentó mayor dominancia fue *L. leucocephala* con 42.26% del total, seguidas por *P. mexicana* y *F. americana* con 26.36% y 9.07%, respectivamente. La especie con mayor frecuencia fue *L. leucocephala*, seguida de *B. salicifolia*. A diferencia de las condiciones I y II *L. leucocephala* fue la especie que registró el mayor peso ecológico con 27.55% del total del IVI, seguida por *B. salicifolia* y *P. mexicana* con 16.59 y 15.98%, el menor valor fue para *Ipomoea carnea* (Tabla 4).

## Diversidad

La riqueza específica (*S*) para la condición I, II y III fue de 28, 13 y 19 especies, respectivamente. Los valores del índice de Shannon (*H'*) e índice de Margalef (*D<sub>Mg</sub>*) mostraron diferentes niveles de significancia en las condiciones evaluadas ( $p < 0.05$ ). El índice Shannon registró un rango de valores de  $H' = 1.87 \pm 0.708$  y  $H' = 2.41 \pm 0.710$ , siendo la condición I la más diversa y presentando diferencia significativa con las demás condiciones (Figura 2). En el caso del índice Margalef, los valores fueron entre  $D_{Mg} = 1.47 \pm 0.18$  y  $D_{Mg} = 1.77 \pm 0.22$ , la condición II fue la que presentó la mayor riqueza promedio y diferencia significativa ante las demás condiciones

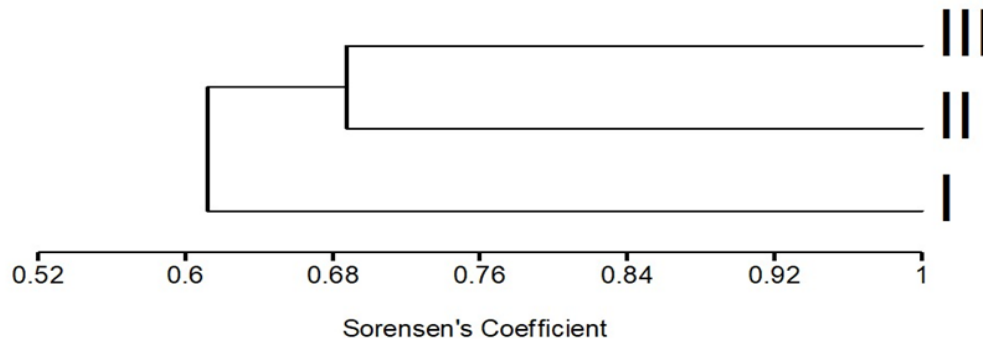


(Figura 2). La familia Fabaceae destaca por su alta riqueza de especies en el área de estudio, siendo *L. leucocephala* la especie más importante dentro de esta familia.

**Tabla 4.** Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en la condición III.

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI %
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
	n ha <sup>-1</sup>	%	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	%		%	
<i>Leucaena leucocephala</i>	76.43	25.72	489.51	42.26	78.57	14.67	27.55
<i>Baccharis salicifolia</i>	94.29	31.73	54.67	4.72	71.43	13.33	16.59
<i>Populus mexicana</i>	36.43	12.26	305.32	26.36	50.00	9.33	15.98
<i>Fraxinus americana</i>	22.14	7.45	105.04	9.07	64.29	12.00	9.51
<i>Ricinus communis</i>	27.14	9.13	35.13	3.03	35.71	6.67	6.28
<i>Parkinsonia aculeata</i>	7.14	2.40	22.21	7.11	50.00	9.33	6.28
<i>Salix nigra</i>	6.43	2.16	82.36	1.92	21.43	4.00	2.69
<i>Vachellia farnesiana</i>	3.57	1.20	4.70	0.41	28.57	5.33	2.31
<i>Washingtonia filifera</i>	2.14	0.72	4.89	1.67	21.43	4.00	2.13
<i>Platanus occidentalis</i>	4.29	1.44	19.34	0.42	21.43	4.00	1.95
<i>Prosopis glandulosa</i>	2.14	0.72	2.42	0.76	21.43	4.00	1.83
<i>Sapindus saponaria</i>	5.00	1.68	8.84	0.21	14.29	2.67	1.52
<i>Dalea scandens</i>	2.86	0.96	1.82	0.16	14.29	2.67	1.26
<i>Melia azederach</i>	3.57	1.20	13.58	1.17	7.14	1.33	1.23
<i>Ehretia anacua</i>	0.71	0.24	1.26	0.30	7.14	1.33	0.62
<i>Pluchea carolinensis</i>	0.71	0.24	2.24	0.19	7.14	1.33	0.59
<i>Eysenhardtia texana</i>	0.71	0.24	0.68	0.11	7.14	1.33	0.56
<i>Caesalpinia mexicana</i>	0.71	0.24	0.81	0.07	7.14	1.33	0.55
<i>Ipomoea carnea</i>	0.71	0.24	3.51	0.06	7.14	1.33	0.54
Total condición III	297.12	100.00	1158.33	100.00	535.71	100.00	100.00

El dendrograma de las comunidades vegetales en función de las condiciones hídricas evaluadas, muestra de manera general que las comunidades presentaron una similitud superior al 50%, formando dos grupos bien diferenciados. El primer grupo (condición I) presentó un 60% de similitud con las condiciones II y III, mientras que, el segundo grupo (condición II y III) presentó un 68% de similitud entre ellos (Figura 3).



**Figura 3.** Dendrograma de semejanza florística entre las tres condiciones con base en el índice de Sorensen ( $I_s$ ).

## DISCUSIÓN

La vegetación de las riberas de los ríos es un componente integral de los bosques de galería debido a su importancia ecológica (Elosegi y Díez 2009). La riqueza específica en el bosque de galería estudiado fue superior a lo reportado por Canizales-Velázquez *et al.* (2021), quienes registraron 21 especies en un bosque de galería urbano en el río Camachito al noreste de México, así mismo, Mata-Balderas *et al.* (2020) encontraron 28 especies arbóreas y arbustivas en la evaluación de la comunidad vegetal ribereña del río Santa Catarina de Nuevo León. La familia Fabaceae presentó la mayor cantidad de especies, coincidiendo con Mata-Balderas *et al.* (2020) y Canizales-Velázquez *et al.* (2021) quienes registraron 8 y 7 especies respectivamente, lo que sugiere, que dicha familia es una de las más representativas en los bosques de galería del noreste de México. Además, ha sido documentada con mayor riqueza específica en comparación a otras familias del matorral submontano en las zonas cercanas al área metropolitana de Monterrey, Nuevo León (Canizales-Velázquez *et al.* 2009, Alanís-Rodríguez *et al.* 2015).

No todas las especies registradas en el área de estudio se presentaron en todas las condiciones, la condición I presentó la mayor cantidad, por lo que el régimen hídrico permanente favorece la presencia de factores que promueven el desarrollo de más especies y más individuos (Valencia *et al.* 2012). Algunos autores mencionan que la distancia geográfica en las vertientes de los ríos es un buen predictor de la similitud florística y son un importante mecanismo para explicar el recambio florístico (Zamborlini *et al.* 2016), para este estudio, la composición florística de los bordes del río en cada condición fue muy similar, *L. leucocephala* se encontró en toda la superficie estudiada y sobresale como una especie común y dominante, asociada con *B. salicifolia* y *F. americana* que forman con frecuencia galerías estrechas a lo largo del río.

La especie *S. nigra* fue la más abundante, con mayor cobertura y mayor frecuencia en las condiciones I y II, lo cual coincide con lo registrado por Mata-Balderas *et al.* (2020), quienes la registraron como la especie con mayor presencia en los márgenes del río Santa Catarina. De igual forma, ha sido registrada con alto IVI en diversos ríos del norte de México (Treviño *et al.* 2001, Íñiguez-Ayón *et al.* 2015). En la condición III *B. salicifolia* presentó la mayor abundancia, coincidiendo con Patiño-Flores *et al.* (2020), quienes la registraron con gran abundancia en áreas

regeneradas del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. Por otro lado, *L. leucocephala* obtuvo la mayor dominancia y frecuencia; sin embargo, dicha especie ha sido reportada con baja dominancia en otros estudios de bosques de galería (Canizales-Velázquez et al. 2021) y con baja abundancia en vegetación ribereña (Moreno-Jiménez et al. 2017).

*S. nigra* presentó el mayor valor de importancia ecológica en las condiciones I y II, la cual es típica de la vegetación de galería y se caracteriza por establecerse principalmente en elevaciones altas e intermedias al cauce del agua, donde los eventos de inundación son menos frecuentes (Stover et al. 2018) y ha sido reportada con alto valor en ríos, por ejemplo, en el río Humaya, Culiacán, Sinaloa (Íñiguez-Ayón 2020); también ha sido registrada como una de las especies más conspicuas en algunos ríos (Treviño et al. 2001). *L. leucocephala* presentó el mayor peso ecológico en la condición III; sin embargo, en otras investigaciones el valor de importancia fue inferior a lo reportado en el presente estudio (Patiño-Flores et al. 2022). *L. leucocephala* es considerada como exótica e invasora (Aguirre y Mendoza 2009), invade hábitats naturales, perturbados y degradados y puede llegar a formar matorrales densos amenazando los bosques nativos y especies endémica, por lo que su establecimiento se facilita en los márgenes de los ríos y ha sido reportada en sitios invariablemente cercanos a asentamientos humanos (Mata-Balderas et al. 2020).

La mayoría de las especies anteriores poseen características que les permiten sobrevivir bajo fuertes presiones, siendo dominantes en todas las coberturas arboladas y son consideradas, pioneras, invasoras o colonizadoras, las cuales constituyen un grupo de árboles y arbustos de rápido crecimiento que pueden permanecer en los ecosistemas por un largo tiempo, siendo claves en los procesos de sucesión, el sustento para la fauna y la generación de oportunidades para el establecimiento de otras especies (Vargas y Ramírez 2014).

El índice de Shannon ( $H'$ ) se calculó para estimar la diversidad de especies. Los valores de este índice para comunidades vegetales generalmente varían entre 1 y 5; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3.5 son altos en diversidad de especies (Alanís-Rodríguez et al. 2020a). Para la condición I el valor estimado fue intermedio (2.41), y corresponde a los 2.31 descrito por Molina et al. (2014) para la comunidad vegetal de Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET). Para la condición II y III se obtuvieron valores de 1.87 y 1.98, respectivamente, los cuales son considerados valores bajos de diversidad y estos fueron cercanos a lo reportado de 1.94 por Mora-Donjuán et al. (2013) para un área de MET. El índice para los bosques tropicales oscila entre 3.85 y 5.85 (Knight 1975), los resultados obtenidos indican que para todas las condiciones estudiadas se presentó baja diversidad  $H'$ .

Respecto al índice de Margalef, valores menores a 2 corresponden a una baja riqueza de especies y valores cercanos a 5 o superiores reflejan una riqueza de especies alta (Magurran 2021). Los bosques de galería destacan por su riqueza de especies; sin embargo, para el área de estudio, todas las condiciones presentaron baja riqueza. La condición II registró el mayor valor promedio con  $D_{Mg} = 1.77$ , lo cual es superior a lo encontrado por Canizales et al. (2010), quienes obtuvieron valores de 0.44, 0.76 y 0.50 para tres áreas evaluadas del matorral y por Alanís-Rodríguez et al. (2020b) quienes reportaron 1.52 en un bosque de galería del noreste de México, pero inferior al 3.87 registrado por Canizales-Velázquez et al. (2021) en un bosque de galería urbano de Nuevo León.

Un indicador de la presión de actividades humanas como el turismo, la construcción de represas y parques lineales es la baja riqueza y la alta presencia de especies exóticas o introducidas,

las cuales tienen el potencial de modificar la composición del bosque y la función ecológica de los sistemas ribereños urbanos (Pennington *et al.* 2010). Para mantener las características naturales y garantizar la provisión de servicios ambientales de estos bosques, es necesario implementar estrategias de manejo y conservación, las cuales requieren una constante evaluación de su estructura y composición (Meli *et al.* 2017).

Se presentó una alta similitud entre condiciones, derivada de la frecuencia de especies similares en la mayoría de los sitios; sin embargo, esta no fue al 100%, por lo que, la ausencia o presencia de alguna especie hace que cada condición sea diferente en estructura y diversidad. Esto hace evidente la influencia de los regímenes hidrológicos en la vegetación, interviniendo los gradientes de elevación sobre el nivel del agua y la distancia; los cuales influyen en procesos sucesionales en la vegetación riparia (Datri *et al.* 2013).

## CONCLUSIONES

Se describió la variación en estructura y diversidad de un bosque de galería en el Área Metropolitana de Monterrey. La familia Fabaceae fue la de mayor presencia en las tres condiciones estudiadas. Las especies *Salix nigra* y *Leucaena leucocephala* presentan el mayor peso ecológico, lo que evidencia el establecimiento de especies pioneras, invasoras y colonizadoras en los márgenes del río. Se observó una alta similitud entre condiciones; sin embargo, la condición I (permanente) presentó la mayor diversidad, abundancia y dominancia, mientras que la condición II (semipermanente), mayor riqueza; por lo que, la presencia de humedad/cuerpos de agua permanentes es factor determinante en el desarrollo de esta vegetación. La información obtenida constituye una base sólida para futuras investigaciones sobre el crecimiento, establecimiento y desarrollo de la vegetación asociada al río Santa Catarina, así como de la vegetación riparia del norte de México, lo cual proporcionará mayores y mejores elementos para la toma de decisiones.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre A, Mendoza R (2009) Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: CONABIO (ed) Capital natural de México. CONABIO. México. pp. 277-318. [http://centro.paot.org.mx/documentos/conabio/capital\\_natural.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/conabio/capital_natural.pdf). Fecha de consulta: 10 de febrero de 2023.
- Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Mora-Olivo A, Martínez-Ávalos JG, Mata-Balderas JM, Collantes-Chávez-Costa A, Rubio-Camacho EA (2015) Estructura y diversidad del matorral submontano contiguo al área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Acta Botánica Mexicana 113: 1-19. <https://doi.org/10.21829/abm113.2015.1093>.
- Alanís-Rodríguez E, Mora-Olivo A, Marroquín de la Fuente JS (2020a) Muestreo ecológico de la vegetación. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, NL, México. 204p.

- Alanís-Rodríguez E, Rubio-Camacho EA, Canizales-Velázquez PA, Mora-Olivo A, Pequeño-Ledezma MÁ, Rodríguez EB (2020b) Estructura y diversidad de un bosque de galería en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11: 134-153. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.591>.
- Aryal DR, De Jong BH, Ochoa-Gaona S, Esparza-Olguin L, Mendoza-Vega J (2014) Carbon stocks and changes in tropical secondary forests of southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 195: 220-230. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.06.005>.
- Canizales PAV, Flores GJA, Lara SF, Morales MT, Rodríguez EA, Pérez JJ, Rangel HP (2010) Efecto de la actividad turística en la diversidad y estructura del bosque de galería en el noreste de México. *CIENCIA-UANL* 13(1): 55-63.
- Canizales-Velázquez PA, Alanís-Rodríguez E, Aranda-Ramos R, Mata-Balderas JM, Jiménez-Pérez J, Alanís-Flores G, Uvalle-Sauceda JI, Ruiz-Bautista MG (2009) Caracterización estructural del matorral submontano de la sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(2): 115-120.
- Canizales-Velázquez PA, Alanís-Rodríguez E, García-García SA, Holguín-Estrada VA, Collantes-Chávez-Costa A (2021) Estructura y diversidad arbórea 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>.
- Curtis JT, McIntosh RP (1951) Un continuo de bosques de tierras altas en la región fronteriza entre praderas y bosques de Wisconsin. *Ecología* 32(3): 476-496.
- Datri LA, Maddio R, Faggi AM, Gallo LA (2013) Bosques ribereños y su relación con regímenes hidrológicos en el norte patagónico. *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes* 4(2): 245-259.
- Dyballa KE, Matzek V, Gardali T, Seavy NE (2019) Carbon sequestration in riparian forests: A global synthesis and meta-analysis. *Global Change Biology* 25(1): 57-67. <https://doi.org/10.1111/gcb.14475>.
- Elosegi A, Díez J (2009) La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera. En: Sabater S, Elosegi A (ed). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao, España. BBVA. pp: 311-321. [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE\\_2009\\_conceptos\\_ecologia\\_fluvial.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2009_conceptos_ecologia_fluvial.pdf). Fecha de consulta: 10 de enero de 2023.
- ESRI (2013) ArcGIS Resource Center. Environmental Systems Research Institute. Inc. California, USA. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>. Fecha de consulta: 5 de enero de 2023.
- FAO (2015) Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 205p. <https://www.fao.org/3/i3794es/i3794es.pdf>. Fecha de consulta: 25 de febrero de 2023.
- Íñiguez-Ayón YP (2020) La vegetación ribereña y su importancia para las ciudades. Estudio de caso: río Humaya, Culiacán, Sinaloa. *Boletín Científico Sapiens Research* 10: 91-100.
- Íñiguez-Ayón YP, Peña-Salmón CÁ, Sicairos-Avitia SE (2015) Ecosistema fluvial urbano: evaluación ecológica y visual del río Tamazula en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. *Quivera* 17(1): 75-97.
- IPNI (2020) The international plant names index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. Australia. <https://www.ipni.org/>. Fecha de consulta: 14 de febrero de 2023.
- Knight DH (1975) A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on. *Ecological Monographs* 45(3): 259-284. <https://doi.org/10.2307/1942424>.
- Kumar A, Sharma MP (2015) Estimation of carbon stocks of Balganga reserved forest, Uttarakhand, India. *Forest Science and Technology* 11(4): 177-181. <https://doi.org/10.1080/21580103.2014.990060>.
- Magurran AE (1988) *Ecological diversity and its measurement*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 179p.
- Magurran AE (2021) Measuring biological diversity. *Current Biology* 31(19): R1174-R1177. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>.
- Malik ZA, Bhat JA, Bhatt AB (2014) Forest resource use pattern in Kedarnath wildlife sanctuary and its fringe areas (a case study from Western Himalaya, India). *Energy Policy* 67: 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.016>.
- Martínez F, Madrid H (2022) Sinuosidad y dimensión fractal de cauces chilenos. *Tecnología y ciencias del agua* 13(4): 172-224. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2022-04-04>.

- Mata-Balderas JM, Hernández-Cárdenas SE, Alanís-Rodríguez E, Mora-Olivo A (2020) Riqueza, composición y abundancia de especies en una comunidad vegetal ribereña en el río Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León. *Ciencia UAT* 14(2): 6-20. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1248>.
- Meli P, Ruiz L, Aguilar R, Rabasa A, Rey-Benayas JM, Carabias J (2017) Bosques ribereños del trópico húmedo de México: Un caso de estudio and aspectos críticos para una restauración exitosa. *Madera y Bosques* 23(1): 181-193. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311118>.
- Molina V, Rechy L, Alcalá A, Marín D, Alanís E (2014) Composición y diversidad vegetal del matorral mediano subinermado del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1: 111-119.
- Mora-Donjuán CA, Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, González-Tagle MA, Yerena-Yamallel JI, Cuellar-Rodríguez LG (2013) Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada* 12(1): 29-34. <https://doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.435>.
- Moreno-Jiménez V, Castillo-Acosta O, Gama-Campillo L, Zavala-Cruz J, Ortiz-Pérez MA (2017) Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. *Madera y Bosques* 23(1): 91-109. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.231510>.
- Patiño-Flores AM, Alanís-Rodríguez E, Molina-Guerra VM, Jurado E, González-Rodríguez H, Aguirre-Calderón OA, Collantes-Chávez-Costa A (2022) Regeneración natural en un área restaurada del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(1): e2853. <http://orcid.org/0000-0001-6294-4275>.
- Pennington DN, Hansel JR, Gorchoff DL (2010) Urbanization and riparian forest woody communities: diversity, composition, and structure within a metropolitan landscape. *Biological Conservation* 143(1): 182-194. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.10.002>.
- Rodríguez GM, Lumbreras EL (2022) El bosque integral. Jolube Consultor Botánico y Editor. Jaca, España. 264p.
- Silva-González E, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza EJ, Alanís-Rodríguez E, Corral-Rivas JJ (2021) Efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura forestal en bosques templados en Durango, México. *Madera y Bosques* 27(2): e2712127. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722082>.
- Stover J, Keller E, Dudley T, Langendoen E (2018) Fluvial geomorphology, root distribution, and tensile strength of the invasive giant reed, *Arundo donax* and its role on stream bank stability in the Santa Clara River, Southern California. *Geosciences* 8(8): 304. <https://doi.org/10.3390/geosciences8080304>.
- Treviño EJ, Cavazos C, Aguirre OA (2001) Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. *Madera y Bosques* 7: 13-25. <https://doi.org/10.21829/myb.2001.711315>.
- Valencia-Duarte J, Trujillo-Ortiz LN, Vargas-Ríos O (2012) Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana* 13(2): 40-65.
- Vargas W, Ramírez W (2014) Restauración del bosque seco tropical en Colombia. En: Pizano C, García H (ed). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH). Bogotá, Colombia. pp: 19-213.
- Velasco-Luis MU, Velázquez-Martínez A, Hernández de la Rosa P, Fierros-González AM, Gil Vera-Castillo JA (2023) Caracterización de un bosque templado en un gradiente altitudinal en Oaxaca, México. *Madera y bosques* 29(1): e2912465. <https://doi.org/10.21829/myb.2023.2912465>.
- Zamborlini F, Brown JL, Thomas WW, De Oliveira-Filho AT, Carnaval AC (2016) Environmental correlates of floristic regions and plant turnover in the Atlantic Forest hotspot. *Journal of Biogeography* 43(12): 2322-2331. <https://doi.org/10.1111/jbi.12774>.
- Zar JH (2009) *Biostatistical analysis*. 5th Edition. Prentice Hall. New Jersey, USA. 66p.
- Zhang JT, Xu B, Li M (2013) Vegetation patterns and species diversity along elevational and disturbance gradients in the Baihua Mountain Reserve, Beijing, China. *Mountain Research and Development* 33(2): 170-178. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-11-00042.1>.