

Diversidad y estructura del bosque de galería del río Fuerte, Sinaloa, México

Diversity and structure of the gallery forest of the Fuerte river, Sinaloa, Mexico

Salvador Sampayo-
Maldonado^{1*} ,
Julián Darío Moreno-Aldaco²,
Estuardo Lara-Ponce^{2,3} ,
Hugo Humberto Piña-Ruiz^{2,3} 

¹Laboratorio de Fisiología Vegetal. Unidad de Biotecnología y Prototipos. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Los Reyes Iztacala, CP. 54090. Tlalnepantla, Estado de México, México.

²Ingeniería Forestal. Unidad Mochicahui. Universidad Autónoma Indígena de México. Mochicahui, CP. 81890. El Fuerte, Sinaloa, México.

³Integrantes del Cuerpo Académico Biodiversidad y Estrategias Comunitarias de Desarrollo Sostenible. Mochicahui, CP. 81890. El Fuerte, Sinaloa, México.

*Autor de correspondencia:
ssampayom@hotmail.com

Artículo científico

Recibido: 30 de mayo 2021

Aceptado: 06 de agosto 2021

Como citar: Sampayo-Maldonado S, Moreno-Aldaco JD, Lara-Ponce E, Piña-Ruiz HH (2021) Diversidad y estructura del bosque de galería del río Fuerte, Sinaloa, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 8(2): e3046. DOI: 10.19136/era.a8n2.3046

RESUMEN. El río Fuerte es la corriente hidrológica más importante del norte de Sinaloa, su riqueza biológica forma parte del patrimonio biocultural del pueblo Yoreme-Mayo y es fundamental para su bienestar. Sin embargo, la contaminación, fragmentación y pérdida de biodiversidad están impactando de forma negativa su funcionalidad. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar y describir la diversidad y la estructura de la vegetación asociada al bosque de galería del río Fuerte. Se establecieron 41 parcelas circulares de 0.1 ha, en las que se tomaron datos dasométricos (altura, diámetro normal y cobertura de la copa). La estructura se caracterizó mediante la distribución diamétrica y la altura, empleando el índice de valor de importancia. La diversidad se evaluó con los índices de Equidad (E), Margalef (D_{Mg}), Simpson (D) y Shannon-Wiener (H'). Se registraron 27 especies de las que 16 son nativas. La familia Fabaceae fue la más representada con 11 especies, seguida de Salicaceae con dos. El estrato arbóreo tuvo un valor de importancia del 79.18% y de 14.11% para el arbustivo. El 60% de los árboles se agrupó en la categoría diamétrica de 5 y el 74% en las categorías de 5 y 10 de altura. Las especies de mayor importancia ecológica para el ecosistema ribereño fueron *Populus mexicana*, *Pithecellobium dulce* y *Prosopis juliflora*. El río Fuerte presentó una diversidad alta con dominancia del estrato arbóreo y una población con estructura juvenil, característica de un ecosistema con presencia de disturbios por actividades humanas.

Palabras clave: Diversidad florística, ecología forestal, índice de valor de importancia, restauración, vegetación ribereña.

ABSTRACT. The Fuerte River is the most important hydrological current in northern Sinaloa, its biological wealth is part of the biocultural heritage of the Yoreme-Mayo people and is essential for their well-being. However, pollution, fragmentation and loss of biodiversity are negatively impacting its functionality. Therefore, the objective was to evaluate and describe the diversity and structure of the vegetation associated with the gallery forest of the Fuerte river. 41 circular plots of 0.1 ha were established, in which dasometric data (height, normal diameter and crown coverage) were taken. The structure was characterized by diameter distribution and height, using the importance value index. Diversity was evaluated with the Equity (E), Margalef (D_{Mg}), Simpson (D) and Shannon-Wiener (H') indices. 27 species were recorded of which 16 are native. The Fabaceae family was the most represented with 11 species, followed by Salicaceae with two. The arboreal stratum had an importance value of 79.18%, and 14.11% for the shrub. 60% of the trees were grouped in the diameter category of 5 and 74% in the categories of 5 and 10 in height. The most ecologically important species for the riparian ecosystem were *Populus mexicana*, *Pithecellobium dulce* and *Prosopis juliflora*. The Fuerte river presented a high diversity with dominance of the arboreal stratum and a population with a youthful structure, characteristic of an ecosystem with the presence of disturbances due to human activities.

Key words: Floristic diversity, forest ecology, importance value index, restoration, riparian vegetation.

INTRODUCCIÓN

El estado de Sinaloa tiene gran riqueza biológica, ya que el 60.2% de la superficie del estado tiene algún tipo de vegetación (INEGI 2014, SEMARNAT 2014). Al respecto Villaseñor y Ortiz (2014) reportaron para la entidad 2 922 especies nativas de angiospermas, lo que representa el 13.37% del total del país. Mientras que el inventario forestal del estado registró 24 especies de gimnospermas, siendo el 13.11% de la riqueza de México (SEMARNAT 2014). No obstante la relevancia biológica, Monjardín-Armenta *et al.* (2017) advierten que Sinaloa pierde $126.5 \text{ km}^2 \text{ año}^{-1}$ de vegetación, lo que significa una tasa media anual de deforestación del 0.41%; lo que acelera la fragmentación de las poblaciones y la pérdida de la biodiversidad.

Los recursos forestales están ligados al desarrollo de las áreas culturales de México. Pero las actividades humanas como la agricultura, la ganadería, la minería y el incremento de la mancha urbana han transformado la distribución de la cubierta vegetal (Monjardín-Armenta *et al.* 2017). Al respecto Richardson *et al.* (2007) mencionan que las comunidades forestales más impactadas son las que se desarrollan en los márgenes de los ríos; las cuales son asociaciones complejas y extremadamente frágiles (Meli *et al.* 2017), que son indispensables para mantener la conectividad entre poblaciones del ecosistema forestal (Granados-Sánchez *et al.* 2006).

De acuerdo con Santiago-Pérez *et al.* (2014), la vegetación asociada a la ribera de un río se le llama bosque de galería, que Rzedowski (1978) describió como agrupaciones arbóreas de hoja perenne y decidua, que se desarrollan a lo largo de corrientes de agua, con alturas de 4 hasta 40 m, y se localizan en altitudes de 0 a 2 800 m, siendo *Populus* el género más representativo en las zonas áridas y semiáridas del norte del país. Mientras que Aguilar-Luna *et al.* (2018) mencionan que los bosques de galería ocupan franjas transversales a lo largo de las corrientes

fluviales, con una estructura y función ecosistémica particular. Al mismo tiempo que son primordiales para mantener la calidad del agua y amortiguar los procesos de sedimentación de los lechos de los ríos (Granados-Sánchez *et al.* 2006), además, de proteger contra la erosión del suelo y proveer un hábitat para organismos acuáticos y terrestres (Camacho-Rico *et al.* 2006).

Aunque se han realizado estudios de la diversidad y estructura de los bosques de galería en México (Meli *et al.* 2017, Aguilar-Luna *et al.* 2018, Canizales-Velázquez *et al.* 2021), para el río Fuerte no se tiene registro. Al respecto la SEMARNAT (2014), indica que el estado cuenta con 3 612.89 ha de bosques de galería en los municipios de Ahome, El Fuerte, Guasave y Sinaloa. Por lo que resulta prioritario analizar la diversidad de la vegetación del río Fuerte y generar información de los procesos ecológicos, para entender los patrones de la distribución actual. De acuerdo con Castillo-Castillo *et al.* (2017) el río Fuerte es la corriente hidrológica más importante de la parte norte del estado de Sinaloa y forma parte de la etnorregión Yoreme-Mayo (Sandoval-Forero y Meza-Hernández 2013), actualmente fragmentado territorialmente.

El Municipio de El Fuerte posee el 39.7% (1 434.19 ha) del bosque de galería en el norte de Sinaloa (SEMARNAT 2014). Sin embargo, presenta una tasa media anual de deforestación de 0.61%, que lo sitúa entre los municipios más degradados del estado y del país (Monjardín-Armenta *et al.* 2017). Para Castellanos-Bolaños *et al.* (2010), la estructura arbórea es un indicador de la diversidad y la estabilidad ecológica de una población, esencial para entender la funcionalidad y el estado de conservación de los ecosistemas (Delgado-Zamora *et al.* 2016) que garantizan la provisión de bienes y servicios ambientales (Aguilar-Luna *et al.* 2018), como es la vegetación asociada a los recursos hidrológicos. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar y describir la diversidad y la estructura de la vegetación asociada al bosque de galería del río Fuerte, en el norte de Sinaloa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El río Fuerte nace en la Sierra Madre Occidental, entre los estados de Chihuahua, Durango y Sonora; desemboca al norte del estado de Sinaloa, en el Golfo de California. La cuenca del río Fuerte se ubica en el noroeste de México, 25.68° y 28.24° LN, y -106.12° y -109.43° LO. Las localidades urbanas más importantes económica y demográficamente dentro de la cuenca son: Los Mochis, El Fuerte y Choix (Castillo-Castillo *et al.* 2017). La cuenca del río Fuerte es una de las más importantes dentro de la Región Hidrológica 10, es exorreica, con un área total de 36 457 km²; el parteaguas presenta una elevación máxima de 3 168 m s.n.m., el punto más bajo de la cuenca es de -9 m s.n.m. Esta cuenca presenta una precipitación media anual de 691 mm y distribución temporal definida en dos periodos de lluvias en la zona, verano e invierno (Castillo-Castillo *et al.* 2017).

La sección de estudio, abarcó de la comunidad de San José de Cahuinahua, a la altura de la represa derivadora Cahuinahua hasta el ejido de Teroque Viejo. La ribera del cuerpo hídrico tiene una longitud de 19.53 km, la vegetación asociada al margen que forma el polígono cuenta con una superficie de 540 ha. De las cuales 310 ha se ubican en el margen norte y 230 ha en el margen sur del río (Figura 1). Presenta un clima semiárido cálido con lluvias en verano (BS1(h')w), con una precipitación media anual de 331 mm y 24 °C de temperatura media anual. El uso del suelo predominante es agrícola, con algunos remanentes de matorral sarcocaulé (SEMARNAT 2014).

Diseño de muestreo

Se utilizaron parcelas de muestreo circulares de 1 000 m² (Zacarias-Eslava *et al.* 2011, Chiquini-Heredia *et al.* 2017, Sánchez-Hernández *et al.* 2018), ya que de acuerdo con McRoberts *et al.* (2015) y Méndez-Osorio *et al.* (2018) requiere solo un punto de control, lo que las hace más confiables. Las parcelas se distribuyeron de forma aleatoria, 29 parcelas para el margen norte y 12 para el margen sur, con

respecto al río. Las 41 parcelas constituyen una superficie total evaluada de 4.1 ha. Cada parcela fue georreferenciada (Figura 1) y dividida en unidades de muestreo para cada caracterización de los estratos arbóreos. Para árboles (≥ 7.5 cm de diámetro normal) la unidad de muestreo fue de 1 000 m². Una unidad de muestreo de 400 m² para arbustos (≥ 5 y ≤ 7.5 cm de diámetro normal). De 100 m² para brinzales (< 5 cm de diámetro normal) y por último, una unidad de muestreo de 4 m² para plántulas (< 5 cm de diámetro normal) menores de 1.3 m de altura y mayores de 25 cm (Alanís-Rodríguez *et al.* 2015, García-García *et al.* 2019).

Se evaluaron las variables dasométricas de altura, el diámetro normal y la cobertura de la copa en sentido norte-sur y este-oeste. Con estos últimos datos se obtuvo el área de la copa y el área basal. Además se incluyeron datos ecológicos (uso del suelo, pendiente, exposición, perturbación y cobertura del suelo) y edáficos (compactación, textura y tipo de erosión) de cada parcela. Se realizó una fotocolecta con la totalidad de ejemplares registrados y se recolectaron tres muestras botánicas, las cuales se prensaron y depositaron físicamente en el laboratorio de ecología de la Universidad Autónoma Indígena de México. Para identificar las especies y su autoría se utilizaron claves taxonómicas (Pérez-Rodríguez 2008), bases de datos especializadas (The Plant List y Naturalista-CONABIO), estudios regionales de flora (Vega-Aviña *et al.* 1989, Gentry 1998) y el acervo virtual de la Red de Herbarios del noroeste de México.

Análisis de la información

Para describir la estructura de la vegetación arbórea del bosque de galería, de cada especie se determinó su abundancia de acuerdo con el número de individuos, su dominancia en función de su cobertura de copa y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo (Albor-Pinto *et al.* 2017). Para lo cual se utilizó el Índice de Valor de Importancia (IVI), que sirvió para jerarquizar la importancia de cada especie en la vegetación, con base en la dominancia (AR_i), densidad (DR_i) y frecuencia relativa (FR_i) (Graciano-Ávila *et al.* 2018).

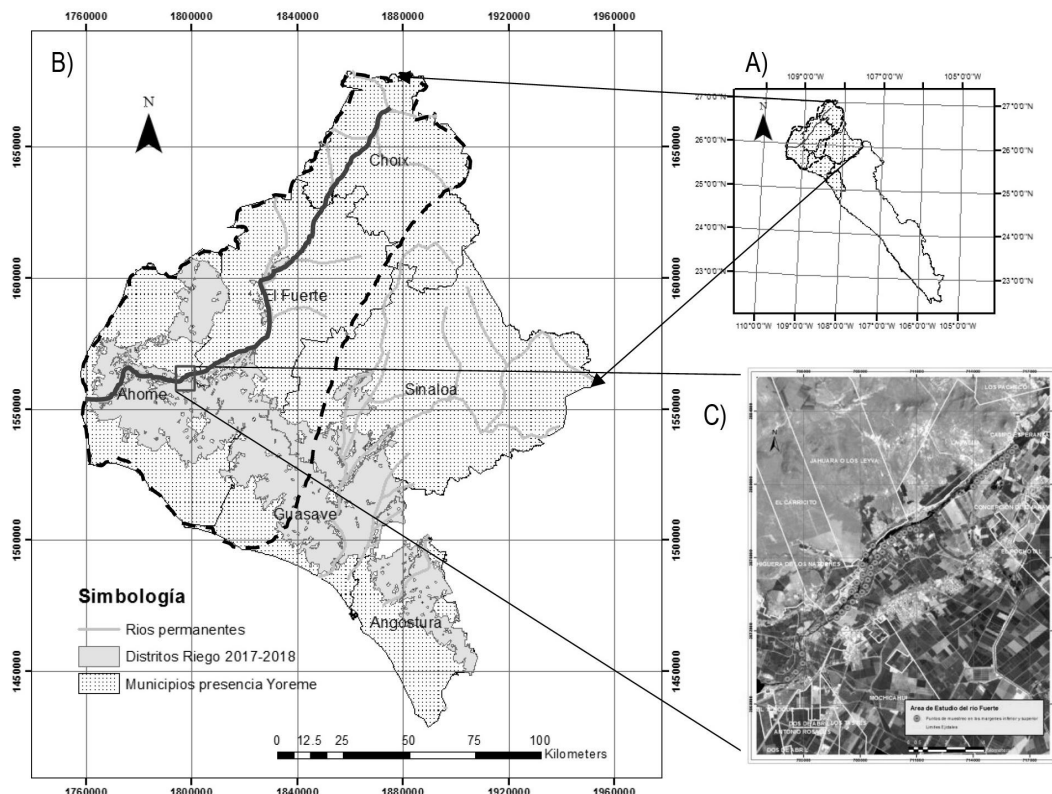


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. A) Mapa de Sinaloa indicando la cuenca del río Fuerte; B) Sección estudiada del río (rectángulo rojo) dentro de la cuenca del río Fuerte y los municipios que la conforman; C) Ubicación espacial de las parcelas de muestreo (círculos verdes) en los márgenes del río Fuerte.

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n (AR_i + DR_i + FR_i)}{3}$$

Dónde: AR_i = abundancia de la especie i respecto a la abundancia total, DR_i = dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total, y FR_i = frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total.

Para conocer la estructura horizontal de la vegetación, se agruparon los individuos medidos en categorías diamétricas como sigue: 5 (2.50 a 7.49 cm), 10 (7.5 a 12.49 cm), 15 (12.5 a 17.4 cm), 20 (17.5 a 22.4 cm), 25 (22.5 a 27.4 cm), 30 (27.5 a 32.4 cm), 35 (32.5 a 37.4 cm), 40 (37.5 a 42.4 cm), 45 (42.5 a 47.4 cm), 50 (47.5 a 52.4 cm) y 65 (62.5 a 67.4 cm). Para la estructura vertical se agruparon los individuos medidos en cinco categorías de altura, con intervalos de 5 m (Canizales-Velázquez et al. 2021).

Para determinar la diversidad α de las parcelas de muestreo del río Fuerte se utilizaron los índices de Margalef (D_{Mg}) que cuantifica el número de especies

presentes, es decir la riqueza específica (Alanís-Rodríguez et al. 2015). El índice de Shannon-Wiener (H') base logaritmo natural, el cual refiere a la estructura numérica de la comunidad, es decir, en la distribución proporcional de la abundancia de cada especie (Moreno 2001), que refleja la relación entre riqueza y uniformidad (Gutiérrez-Báez et al. 2012). El índice de Dominancia de Simpson (λ), que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en las parcelas de muestreo sean de la misma especie (Sánchez-Hernández et al. 2018), proporcionando valores de dominancia de una especie (Gallardo-Cruz et al. 2005, García-García y Santos-Moreno 2014). Finalmente el índice de Equidad (E), que proporciona la diversidad observada respecto a la máxima diversidad esperada (Magurran 2003, Carreón-Santos y Valdez-Hernández 2014). Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

$$\text{Índice de Margalef: } D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

Dónde: S = número de especies presentes, N = número total de individuos.

Índice de Shannon-Wiener: $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Dónde: S = número de especies presentes, p_i = proporción de individuos de la especie i , n_i = número de individuos de la especie i , N = número total de individuos.

Índice de Dominancia de Simpson: $\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Dónde: p_i = proporción de individuos de la especie i .

Índice de Equidad: $E = \frac{H'}{\ln(S)}$

Dónde: H' = índice de Shannon-Wiener, S = número de especies presentes.

RESULTADOS

Composición florística

Se registraron 27 especies (13 árboles, nueve arbustos y cinco hierbas) de las cuales 16 son nativas y 11 introducidas, todas estas especies tienen presencia en el margen sur, mientras que para el margen norte sólo se registraron 11 especies. La familia Fabaceae es la de mayor riqueza con 11 especies, seguida de Salicaceae con dos (*Populus mexicana* Moric y *Salix bonplandiana* H.B.K.), ambas presentes en los dos márgenes del río (Tabla 1).

Estructura de la vegetación

De acuerdo con los valores del IVI, en el bosque de galería del río Fuerte el 72.22% de la densidad es de árboles, el 18.58% de arbustos y el restante de hierbas. La copa de los árboles cubre más del 97% del área estudiada. El estrato arbóreo tuvo un valor de importancia ecológica del 79.18%, mientras que para el arbustivo fue de 14.11% (Tabla

2). El 85% del valor de importancia fue para especies nativas (Tabla 2).

Las familias Fabaceae (50.27%) y Salicaceae Mirb. (30.55%) representaron más del 80% del valor de importancia ecológica de la vegetación del río Fuerte (Figura 2). El área evaluada presentó una densidad de 145 individuos ha⁻¹ y una cobertura de copas de 6 184.44 m² ha⁻¹. A nivel de especie, *Populus mexicana*, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC fueron las más sobresalientes según los valores del IVI, pues representan el 61.71% del total de la comunidad. El 44.45% de las especies presentan valores de IVI inferiores al 1.0% (Tabla 3).

La estructura de la vegetación presentó un patrón de distribución en donde el número de individuos fue inversamente proporcional a las categorías diamétricas y de altura. Además, presentó una estructura vertical con diámetros bajos, en una hectárea más del 60% de la vegetación se encontró en la categoría diamétrica de cinco, aunque fue posible encontrar cinco árboles con diámetros mayores a 40 cm (Figura 3). La estructura vertical de la vegetación fue baja, la mayor densidad de individuos (74%) presentó alturas inferiores a 12.5 m, pero en una hectárea fue posible encontrar nueve árboles con altura superior a los 20 m (Figura 4).

Diversidad de la vegetación

Se estimaron los índices de diversidad para las unidades de muestreo y se caracterizaron los estratos de la vegetación del río. De acuerdo al índice de Margalef, la mayor riqueza se dio en el estrato arbóreo (1.61) y en la regeneración de plántulas (2.3), mientras que los brinzales (0.8) presentaron la menor riqueza. Para la diversidad, el índice de Shannon-Wiener el estrato de plántulas (1.99) presentó la mayor diversidad. De acuerdo con los valores del índice de Simpson, se muestra que los estratos de plántulas (0.17) y arbóreo (0.28), se encontraron dominados por pocas especies y los brinzales (0.47) presentaron homogeneidad en el número de ellas. En los estratos de árbol, arbusto, brinzal y plántula las especies se presentaron de manera uniforme, de acuerdo con el índice de Equidad (Tabla 4).

Tabla 1. Lista de especies que forman parte de la vegetación del bosque de galería en el río Fuerte.

Número de Colecta *	Especie	Nombre común	Familia	Presencia	Forma biológica
21-uaim	<i>Acacia cochliacantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd	Huinolo	Fabaceae	Nativa	Árbol
02-uaim	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Vinorama	Fabaceae	Nativa	Árbol
12-uaim	<i>Albizia sinaloensis</i> Britton & Rose	Palo joso	Fabaceae	Nativa	Árbol
33-uaim	<i>Caesalpinia cacalaco</i> Humb. & Bonpl.	Huizache	Fabaceae	Nativa	Árbol
41-uaim	<i>Crataeva tapia</i> L	Perihuate	Capparaceae	Nativa	Árbol
08-uaim	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Guácima	Sterculiaceae	Nativa	Árbol
01-uaim	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de wit.	Guaje	Fabaceae	Nativa	Árbol
20-uaim	<i>Parkinsonia aculeata</i> L	Palo verde	Fabaceae	Nativa	Árbol
13-uaim	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.) Hawkins	Palo brea	Fabaceae	Nativa	Árbol
10-uaim	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guamúchil	Fabaceae	Nativa	Árbol
25-uaim	<i>Populus mexicana</i> Moric	Álamo	Salicaceae	Nativa	Árbol
17-uaim	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	Mezquite	Fabaceae	Nativa	Árbol
19-uaim	<i>Salix bonplandiana</i> H.B.K	Sauce	Salicaceae	Introducida	Árbol
29-uaim	<i>Abutilon abutiloides</i> (Jacq.)	Malva	Malvaceae	Nativa	Arbusto
11-uaim	<i>Crotalaria incana</i> L	Cascabelillo	Fabaceae	Introducida	Arbusto
15-uaim	<i>Cryptostegia grandiflora</i> Roxb. Ex R.Br	Chicote	Apocynaceae	Introducida	Arbusto
24-uaim	<i>Franseria ambrosioides</i>	Chicura	Asteraceae	Nativa	Arbusto
31-uaim	<i>Mascagnia macroptera</i> (Sesse & Moc.) Niedenzu	Matanene	Malpighiaceae	Nativa	arbusto
35-uaim	<i>Pisonia capitata</i> (S. Watson) Standl	Garambullo	Nyctaginaceae	Introducida	Arbusto
39-uaim	<i>Ricinus communis</i> L	Higuerilla	Euphorbiaceae	Introducida	Arbusto
42-uaim	<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	Cararagua	Apocynaceae	Nativa	Arbusto
14-uaim	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet	Cardo santo	Papaveraceae	Introducida	Hierba
30-uaim	<i>Arundo donax</i> L	Carrizo	Poaceae	Introducida	Hierba
44-uaim	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br	Cola de león	Lamiaceae	Introducida	Hierba
05-uaim	<i>Mimosa pudica</i> L	Cuatante	Fabaceae	Introducida	Hierba
38-uaim	<i>Momordica charantia</i> L	Pepinillo del monte	Cucurbitaceae	Introducida	Hierba
43-uaim	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Tabaco silvestre	Solanaceae	Introducida	Hierba

*Colector: Julián Darío Moreno Aldaco.

Tabla 2. Abundancia, dominancia, frecuencia y el índice de valor de importancia (IVI) de las especies nativas e introducidas y las formas biológicas del bosque de galería en el río Fuerte.

	Abundancia	Dominancia	Frecuencia	IVI
Nativos	83.11	95.71	78.83	85.88
Introducidos	16.89	4.29	21.17	14.12
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Árboles	72.22	97.07	68.24	79.18
Arbustos	18.58	1.66	22.09	14.11
Hierbas	9.20	1.27	9.67	6.71
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

DISCUSIÓN

Composición florística

La vegetación del río Fuerte está compuesta por 27 especies, lo que es similar a lo encontrado por Scott *et al.* (2009) que reportó 27 y 31 especies arbóreas para el río Cuchujaqui y el río Mayo en Sonora. Estos ríos tienen cuencas adyacentes al río Fuerte, presentan condiciones ambientales similares y con vegetación semiárida. Cabe mencionar que su estudio fue realizado utilizando imágenes satelitales, con lo que registró 79 especies para toda la vegetación ribereña del estado de Sonora. Por

su parte Solis-Garza *et al.* (2017) reportaron 77 especies para los ríos Sonora y Bacanuchi, ubicados en la zona centro del estado de Sonora. Para el caso de bosques de galería en zonas semiáridas de la parte noreste de México, Treviño-Garza *et al.* (2001) reportaron 19 especies de la vegetación de los ríos Cabezones en el centro sur de Nuevo León. Mientras que Treviño-Garza *et al.* (2001) y Canizales-Velázquez *et al.* (2010) mencionan que la estructura de la vegetación del río Ramos en Nuevo León, se integra por siete especies, lo que contrasta con la vegetación ribereña de la zona noroeste del país que presenta una mayor composición de especies.

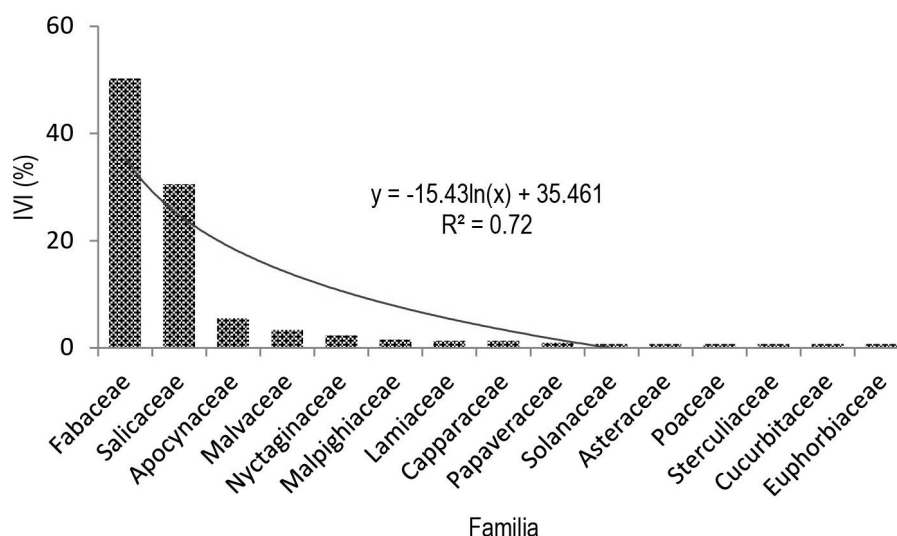


Figura 2. Índice de valor de importancia (IVI) de las familias de la vegetación del bosque de galería en el río Fuerte. La línea de tendencia se presenta en color azul.

Tabla 3. Atributos estructurales y el valor de importancia ecológica de las especies registradas en el río Fuerte.

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI (%)
	Absoluta (N/ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (m ² /ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
<i>Populus mexicana</i>	20.17	13.91	3293.37	53.25	65.08	17.20	28.12
<i>Pithecellobium dulce</i>	44.49	30.68	1633.74	26.42	47.69	12.60	23.23
<i>Prosopis juliflora</i>	14.52	10.01	540.68	8.74	46.69	12.34	10.36
<i>Parkinsonia aculeata</i>	7.15	4.93	171.05	2.77	29.74	7.86	5.19
<i>Acacia farnesiana</i>	7.95	5.48	86.69	1.40	23.84	6.30	4.39
<i>Vallesia glabra</i>	6.63	4.57	41.48	0.67	22.12	5.85	3.70
<i>Abutilon abutiloides</i>	9.58	6.61	0.78	0.01	12.78	3.38	3.33
<i>Mimosa pudica</i>	3.36	2.32	76.10	1.23	19.39	5.12	2.89
<i>Salix bonplandiana</i>	4.00	2.76	127.74	2.07	9.33	2.47	2.43
<i>Pisonia capitata</i>	2.41	1.66	44.08	0.71	17.24	4.56	2.31
<i>Cryptostegia grandiflora</i>	3.73	2.57	14.80	0.24	10.05	2.66	1.82
<i>Mascagnia macroptera</i>	2.75	1.90	0.83	0.01	10.34	2.73	1.55
<i>Albizia sinaloensis</i>	0.93	0.64	75.01	1.21	9.33	2.47	1.44
<i>Leonotis nepetifolia</i>	4.48	3.09	0.42	0.01	3.44	0.91	1.34
<i>Crataeva tapia</i>	1.76	1.21	16.02	0.26	9.33	2.47	1.31
<i>Argemone ochroleuca</i>	2.75	1.90	0.18	0.00	3.44	0.91	0.94
<i>Parkinsonia praecox</i>	1.37	0.94	33.96	0.55	3.44	0.91	0.80
<i>Caesalpinia cacalaco</i>	1.03	0.71	20.91	0.34	3.44	0.91	0.65
<i>Nicotiana glauca</i>	1.37	0.94	1.68	0.03	3.44	0.91	0.63
<i>Franseria ambrosioides</i>	0.83	0.57	0.62	0.01	4.16	1.10	0.56
<i>Arundo donax</i>	1.03	0.71	0.08	0.00	3.44	0.91	0.54
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.68	0.47	0.36	0.01	3.44	0.91	0.46
<i>Crotalaria incana</i>	0.68	0.47	0.03	0.00	3.44	0.91	0.46
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.34	0.23	3.31	0.05	3.44	0.91	0.40
<i>Momordica charantia</i>	0.34	0.23	0.24	0.00	3.44	0.91	0.38
<i>Acacia cochliacantha</i>	0.34	0.23	0.15	0.00	3.44	0.91	0.38
<i>Ricinus communis</i>	0.34	0.23	0.13	0.00	3.44	0.91	0.38
Total	145.01	100.00	6184.44	100.00	378.39	100.00	100.00

IVI: Índice de Valor de Importancia.

La familia botánica mejor representada fue la Fabaceae con 11 especies, que de acuerdo con

Rzedowski (1978) es la más representativa en los ecosistemas ribereños de zonas semiáridas. Esta

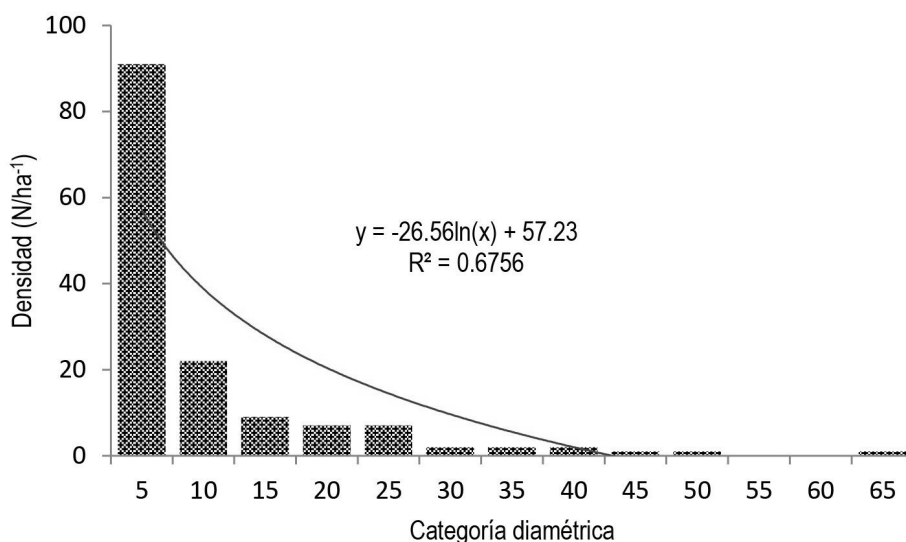


Figura 3. Distribución de categorías diamétricas para la vegetación arbórea del bosque de galería en el río Fuerte. Se presenta la línea de tendencia.

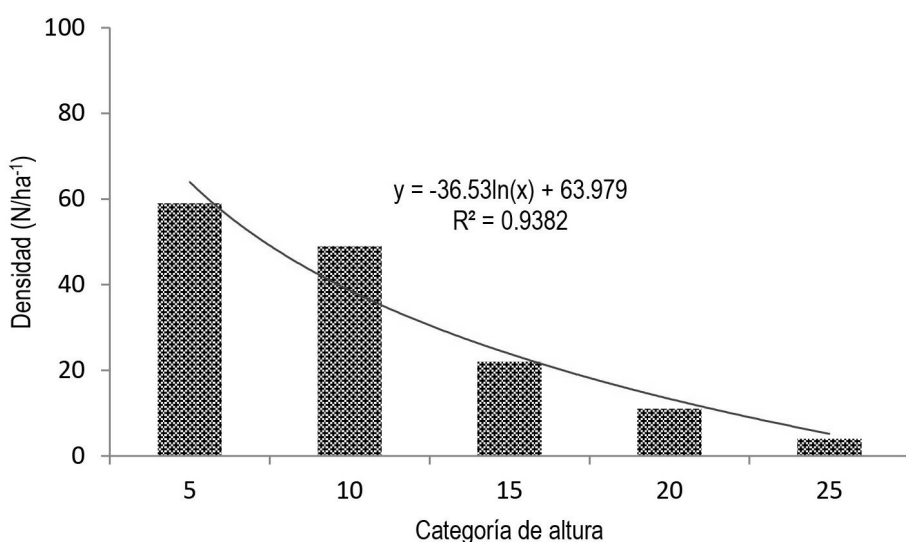


Figura 4. Distribución de las categorías de altura para la vegetación arbórea del bosque de galería en el río Fuerte. Se presenta línea de tendencia central.

Tabla 4. Valores de los índices de Equidad, Margalef, Simpson y Shanon-Wiener para los estratos de la vegetación del río Fuerte.

Índices de diversidad alfa	Árbol	Arbusto	Brinzal	Plántula	Promedio
Índice de Equidad	0.73	0.77	0.76	0.85	0.77
Índice de Margalef	1.61	1.07	0.80	2.30	1.44
Índice de Simpson	0.28	0.39	0.47	0.17	0.32
Índice de Shannon-Wiener	1.50	1.16	1.03	1.99	1.42

situación también coincide con lo reportado por Scott *et al.* (2009) y Solís-Garza *et al.* (2017), pues 22 especies de la vegetación ribereña de Sonora pertenecen a esta familia. Mientras que, en Nuevo

León, Treviño-Garza *et al.* (2001) reportan cuatro especies en el río Cabezones y dos para el río Ramos (Canizales-Velázquez *et al.* 2010) de la misma familia. En tanto en el río Camachito reportan a la

familia Fabaceae con el mayor número de especies con siete, seguida por la familia Salicaceae con dos (Canizales-Velázquez *et al.* 2021).

Los problemas que impactan la vegetación del río Fuerte son la ganadería extensiva, la actividad recreativa, la tala y extracción de materiales para construcción, que contaminan con desechos. Estas causas perturban el hábitat, provocando la mortandad de plántulas y evitando la regeneración, siendo similar a lo que ocurre con la vegetación de los ríos en el estado de Sonora (Scott *et al.* 2009, Solís-Garza *et al.* 2017) y del estado de Nuevo León (Treviño-Garza *et al.* 2001, Canizales-Velázquez *et al.* 2010). Otra situación hallada en el río Fuerte, es que el 40% de las especies son introducidas, valor similar al hallado por Scott *et al.* (2009) y Solís-Garza *et al.* (2017) para la vegetación ribereña de Sonora (25 y 34%). Esto se explica también por los disturbios ocasionados por la actividad humana. Según Méndez-Toribio *et al.* (2014) las perturbaciones aumentan el número de especies, al incorporar especies exóticas. Aunque puede ocurrir lo contrario, que el impacto antropogénico disminuya la riqueza florística de los ecosistemas ribereños. La riqueza en la composición florística de los ríos sin duda, es un indicador de la estabilidad ecológica, lo que garantiza la provisión de bienes y servicios ambientales a las comunidades ribereñas (Castellanos-Bolaños *et al.* 2010, Aguilar-Luna *et al.* 2018).

Estructura de la vegetación

El estrato arbóreo tuvo un valor de importancia ecológica del 79.18%, mientras que el arbustivo fue de 14.11%. Valores similares a lo reportado por Aguilar-Luna *et al.* (2018) con 76% para el estrato arbóreo del río Xaltatempa, en Puebla, y también similar a lo encontrado por Scott *et al.* (2009) quienes agruparon el estrato arbóreo (70%) y arbustivo (30%) para la vegetación ribereña del estado de Sonora. Aunque contrario a lo registrado por Solís-Garza *et al.* (2017) en los ríos Sonora y Bacanuchi, donde los arbustos fueron la forma de crecimiento predominante con el 50.6% y los árboles la tercera con valor de 18.2%. El autor lo atribuye a los disturbios y la fragmentación del suelo para uso agropecuario, como

de los problemas ocasionados por la contaminación e impactos de la minería. Por lo anterior, la vegetación de ambos ríos está en constante sucesión secundaria.

De acuerdo con el índice de valor de importancia, las especie *P. mexicana*, *P. dulce* y *P. juliflora* representaron el 61.71% del total de la comunidad, lo que coincide con Solís-Garza *et al.* (2017), ya que *Populus fremontii* S. Watson, *Prosopis velutina* Wootton y *Salix gooddingii* C.R. Ball alcanzaron el 69.8%; y similar a lo encontrado por Scott *et al.* (2009), donde estas especies representan el 56% de la vegetación ribereña en Sonora. En esta zona del noroeste del país, los géneros *Populus* L., *Prosopis* L. *Salix* L y *Taxodium* Rich. son los más representativos del bosque de galería. Al respecto, Granados-Sánchez *et al.* (2006) sostienen que estos géneros constituyen los elementos principales de la estructura de los bosques de galería del país.

La vegetación del río Fuerte presentó en su mayoría diámetros en la categoría de 5 (60%), con alturas promedio de 10 m, ésta estructura de la vegetación presentó un patrón de distribución donde el número de individuos fue inversamente proporcional a las categorías de diámetro y de altura. De acuerdo con Solís-Garza *et al.* (2017), cuando los diámetros son pequeños la comunidad vegetal puede considerarse juvenil. Este crecimiento de la vegetación se debe a los disturbios que ocasionan las actividades antropogénicas, además de la crecida anual del río, por lo que el ecosistema ribereño es dinámico y sucesional (Aguilar-Luna *et al.* 2018). La falta de establecimiento y crecimiento de nuevos individuos, estaría afectando el remplazo de individuos longevos (con énfasis en *Populus mexicana*) que experimentan mortandad o tala en sus poblaciones.

Diversidad de la vegetación

La mayor diversidad la presentó el estrato de plántulas, este dato puede deberse a los constantes disturbios que han modificado el uso del suelo del ecosistema ribereño, lo que da lugar a que ocurra la regeneración de las especies que compiten para asegurar su supervivencia. En general, los valores de los índices de Shannon-Wiener y de Simpson indicaron

una diversidad alta de la vegetación del río Fuerte, aunque solamente tres especies proporcionan el 55% de la abundancia relativa, cuyo valor coincide con lo reportado por Solís-Garza *et al.* (2017) para los ríos Bacanuchi y Sonora. En condiciones ambientales similares, Canizales-Velázquez *et al.* (2010) reportaron valores muy inferiores (de 0.18 a 0.74) para la vegetación del río Ramones, en Nuevo León. Por su parte Aguilar-Luna *et al.* (2018), encontraron valores (0.54) casi tres veces menores en el río Xaltatempa, en Puebla. Estos valores tan bajos pueden atribuirse a que la vegetación de estos ríos está compuesta por pocas especies y sólo una de ellas tiene mayor frecuencia. Este hallazgo confirma que el valor de los índices de diversidad se puede mejorar con la protección de los ecosistemas ribereños.

CONCLUSIONES

La vegetación del río Fuerte presentó una composición florística de 27 especies, de las cuales más de la mitad son nativas y tres son géneros arbóreos abundantes (de relevancia cultural), indicando una

diversidad alta. La familia botánica con mayor importancia ecológica es la Fabaceae. La estructura arbórea presentó la mayor importancia ecológica con diámetros en la clase de 5 y con altura promedio de 10 m. No obstante, la mayor diversidad se presentó en el estrato de plántulas, el cual, sufre mortandad y no se regenera afectando la dinámica de las poblaciones. Estos datos y la presencia de especies exóticas son indicativos de un ecosistema con presencia de disturbios, cuya funcionalidad está siendo modificada por las actividades agropecuarias, como por acciones de las poblaciones ribereñas en este importante cuerpo de agua regional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Indígena de México por la vinculación y su papel en la educación regional. La investigación se realizó con Fondos SEP-CONACYT "Patrimonio biocultural de los Yoremes y Yoris del norte de Sinaloa": Clave: 243129. Proyecto apoyado por el Fondo Sectorial de Investigación para la Educación.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Luna JMA, Loeza-Corte JM, García-Villanueva E, Hernández-Fernández LA (2018) Arboreal vegetation structure and diversity in the gallery forest of the Xaltatempa river, Puebla, Mexico. *Madera y Bosques* 24: 1-11.
- Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Mora-Olivo A, Martínez-Ávalos JG, Mata-Balderas JM, Chávez-Costa AC, 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.
- Albor-Pinto C, Tun-Garrido J, Ortiz-Díaz JJ (2017) Diversidad, estructura y afinidades florísticas de un bosque temporalmente inundable de la Península de Yucatán. *Revista de Biología Tropical* 65: 868-880.
- Camacho-Rico F, Trejo I, Bonfil C (2006) Estructura y composición de la vegetación ribereña de la Barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 17-31.
- Canizales-Velázquez PA, Alanís-Flores GJ, Favela-Lara S, Torres-Morales M, Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Padilla-Rangel H (2010) Efecto de la actividad turística en la diversidad y estructura del bosque de galería en el noreste de México. *Ciencia UANL* 13: 55-63.
- Canizales-Velázquez PA, Alanís-Rodríguez E, García-García SA, Olguín-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.

- Carreón-Santos RJ, Valdez-Hernández JI (2014) Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20: 119-130.
- Castellanos-Bolaños JF, Treviño-Garza EJ, Aguirre-Calderón OA, Jiménez-Pérez J, Velázquez-Martínez A (2010) Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1: 39-52.
- Castillo-Castillo M, Ibáñez-Castillo LA, Valdez JB, Arteaga-Ramírez R, Vázquez-Peña MA (2017) Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 8: 35-52.
- Chiquini-Heredia W, Esparza-Olguín L, Peña-Ramírez Y, Maya-Martínez A, Martínez-Romero E (2017) Estructura y diversidad en selva inundable al centro y sur de Calakmul. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4: 511-524.
- Delgado-Zamora DA, Heynes-Silerio SA, Mares-Quñones MD, Piedra-Leandro NL, Retana-Rentería FI, Rodríguez-Corral K, Villanueva-Hernández AI, González-Elizondo MS, Ruacho-González L (2016) Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7: 94-107.
- Gallardo-Cruz JA, Meave JA, Pérez-García EA (2005) Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 19-35.
- García-García SA, Narváez-Flores R, Olivas-García JM, Hernández-Salas J (2019) Diversidad y estructura vertical del bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10: 41-63.
- García-García JL, Santos-Moreno A (2014) Efectos de la estructura del paisaje y de la vegetación en la diversidad de murciélagos filostómidos (Chiroptera: Phyllostomidae) de Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 62: 217-239.
- Gentry HS (1998) *Gentry's Rio Mayo plants: The tropical deciduous forest and environs of Northwest Mexico*. University of Arizona Press. Arizona, United States. 558p.
- Graciano-Ávila G, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón ÓA, Rubio-Camacho EA, González-Tagle MA (2018) Estructura y diversidad postincendio en un área del matorral espinoso tamaulipeco. *Polibotánica* 45: 89-100.
- Granados-Sánchez D, Hernández-García MA, López-Ríos GF (2006) Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12: 55-69.
- Gutiérrez-Báez C, Ortiz-Díaz JJ, Flores-Guido JS, Zamora-Crescencio P (2012) Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del punto de unión territorial (Put) de Yucatán, México. *Polibotánica* 33: 151-174.
- INEGI (2014) Conjunto de datos vectoriales edafológicos, escala 1: 250 000 Serie IV; continuo nacional, escala: 1: 250 000. Ed. 2. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- Magurran AE (2003) *Measuring biological diversity*. Oxford, England: Blackwell Publishing. New Jersey, United States. 264p.
- McRoberts RE, Tomppo EO, Czaplewski EL (2015) *Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales*. SLU. 1. FAO. Roma, Italia. 21p.

- 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 y aspectos críticos para una restauración exitosa. *Madera y Bosques* 23: 181-193.
- Méndez-Ororio C, Mora-Donjuán CA, Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza EJ, Pequeño-Ledezma MÁ (2018) Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9: 35-53.
- 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: 285-296.
- Monjardín-Armenta SA, Pacheco-Angulo CE, Plata-Rocha W, Corrales-Barraza G (2017) La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera y Bosques* 23: 7-22.
- Moreno CE (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, España. 84p.
- Pérez-Rodríguez PM (2008) Claves de determinación botánica: Con énfasis en familias de árboles. Universidad Autónoma Chapingo. Libro universitario. Estado de México, México. 307p.
- Richardson DM, Holmes PM, Esler KJ, Galatowitsch SM, Stromberg JC, Kirkman SP, Pyšek P, Hobbs RJ (2007) Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity Distribution* 13: 126-139.
- Rzedowski J (1978) Vegetación acuática y subacuática. En: *Vegetación de México*. Editorial Limusa, Distrito Federal, México. 364p.
- Sánchez-Hernández MA, Fierros-González AM, Velázquez-Martínez A, De los Santos-Posadas HM, Aldrete A, Cortés-Díaz E (2018) Estructura, riqueza y diversidad de especies de árboles en un bosque tropical caducifolio de Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9: 131-156.
- Sandoval-Forero EA, Meza-Hernández ME (2013) La interculturalidad en la etnorregión *Yoreme Mayo* de Sinaloa. *Papeles de Población* 19: 193-204.
- Santiago-Pérez AL, Ayón-Escobedo A, Rosas-Espinoza VC, Rodríguez-Zaragoza FA, Toledo-González SL (2014) Estructura del bosque templado de galería en la Sierra de Quila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5: 144-159.
- Scott ML, Nagler PL, Glenn EP, Valdes-Casillas C, Erker JA, Reynolds EW, Shafroth PB, Gomez-Limon E, Jones CL (2009) Assessing the extent and diversity of riparian ecosystems in Sonora, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 18: 247-269.
- SEMARNAT (2014) Inventario estatal forestal y de suelos-Sinaloa 2014. Colección de inventarios estatales forestales y de suelos 2013-2014. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional Forestal. México. 161p.
- Solís-Garza G, Robles-López H, Castellanos-Villegas AE (2017) Estructura y composición de la vegetación ribereña en zonas áridas. El caso de los ríos Bacanuchi y Sonora en el noroeste de México. *Biotécnica* 19: 3-12.
- Treviño-Garza EJ, Cavazos-Camacho C, Aguirre-Caldrón 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.
- Vega-Aviña R, Bojórquez G, Hernández-Álvarez F (1989) Flora de Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México. 49p.

- Villaseñor JL, Ortiz E (2014) Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 134-142.
- Zacarias-Eslava LE, Cornejo-Tenorio G, Cortés-Flores J, González-Castañeda N, Ibarra-Manríquez G (2011) Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 854-869.