







Diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México

Floristic and structural diversity of riparian vegetation along an urban-natural gradient of Pitillal River Jalisco, México

Jazmin Arechiga¹ ; Tahamara Esquivel¹ ; Adamary Camacho¹ ; Miriam Roxana Delgado-Rodríguez¹ ; Paola Vargas-González¹ ; Sandra Quijas^{1*} 

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. Puerto Vallarta - Jalisco, México; e-mail: jazminarechigapena@gmail.com; tahamaraesquivel@gmail.com; camachoflores15@hotmail.com; delgadormr@gmail.com; paola.vargasglez@gmail.com; sandra.quijas@academico.udg.mx

*autor para correspondencia: sandra.quijas@academico.udg.mx

Cómo citar: Arechiga, J.; Esquivel, T.; Camacho, A.; Delgado-Rodríguez, M.R.; Vargas-González, P.; Quijas, S. 2022. Diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2196. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2196>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: diciembre 6 de 2021

Aceptado: mayo 10 de 2022

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

La zona riparia presenta cambios de vegetación nativa por uso del suelo, asociados a actividades antrópicas, como urbanización, ganadería y agricultura, lo que genera pérdida de diversidad, composición y estructura de la vegetación riparia. En este estudio, se analizó la diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal - Jalisco, México. Sobre el río Pitillal, se seleccionaron cuatro sitios, siguiendo el gradiente urbano (SU), periurbano (SP), rural (SR) y natural (SN). En cada tramo, se realizaron cuatro parcelas de muestreo, identificando árboles, arbustos, lianas y hierbas. La diversidad florística, se analizó comparando composición, abundancia y riqueza por tipo de planta y origen. La diversidad estructural, se analizó comparando diámetro de tronco, altura total, área de copa, profundidad de copa y perfiles verticales de vegetación. En total, se registraron 508 individuos de 412 familias, 72 géneros y 160 especies y morfoespecies; 75 especies fueron nativas y 10 introducidas. La riqueza específica y abundancia de

los árboles fue distinta entre sitios, incrementándose notablemente en el SN. Las especies introducidas disminuyen del SU al SN. El diámetro de tronco, área y profundidad de copa muestran diferencias significativas entre sitios. Los perfiles verticales de la vegetación riparia muestran patrones más heterogéneos en el SN. Los resultados sugieren que la alteración por uso de suelo adyacente al río Pitillal afecta, claramente, la diversidad florística, la composición y la estructural de la vegetación riparia.

Palabras clave: Efecto antrópico; Especies introducidas; Especies nativas; Perfil de vegetación; Uso del suelo.

ABSTRACT

Riparian zone presents changes of native vegetation due to land use associated with anthropic activities, such as urbanization, cattle, and agriculture, which generated the loss of diversity, composition, and structure of the riparian vegetation. In this study, floristic diversity and structural diversity of riparian vegetation was analyzed

along an urban-natural gradient of Pitillal River, Jalisco, Mexico. On the Pitillal River, four sites were selected following the urban (SU), peri-urban (SP), rural (SR) and natural (SN) gradient. In each section, four sample plots were sampled, identifying trees, shrubs, lianas, and herbs. Floristic diversity was analyzed by comparing composition, abundance, and specific richness by type of plant and origin. Structural diversity was analyzed by comparing trunk diameter, total height, crown area, crown depth and vertical profiles of vegetation. A total of 508 individuals in 412 families, 72 genera and 160 species and morpho species were registered; 75 species were native and 10 introduced. Richness and abundance of the trees was different between sites, increasing notably in the SN. Introduced species decrease from SU to SN. The diameter of the trunk, area and depth of the crown show significant differences between sites. The vertical profiles of the riparian vegetation showed more heterogeneous patterns in the SN. The results suggest that changes due to land use adjacent to Pitillal River have clearly affected the composition, floristic and structural diversity of riparian vegetation.

Keywords: Anthropic effect; Exotic species; Land use; Native species; Vegetation profile.

INTRODUCCIÓN

La vegetación riparia es una franja estrecha que se encuentra a lo largo de los ríos, lagos, embalses y humedales (Möller, 2011). Este tipo de vegetación se establece en la llanura aluvial, es decir, la porción de paisaje terrestre que va desde la marca de la marea alta hacia las tierras altas, donde los niveles freáticos elevados influyen en la vegetación y el suelo (Naiman & Decamps, 1997; Riis *et al.* 2020). Las comunidades vegetales establecidas en la zona riparia deben ser capaces de tolerar la alta variabilidad espaciotemporal (Camacho-Rico *et al.* 2006), impulsada, principalmente, por condiciones bioclimáticas, geomorfológicas y uso del suelo (Riis *et al.* 2020), por la influencia de eventos naturales (Moreno-Jiménez *et al.* 2019) y actividades antropogénicas (Barling & Moore, 1994; Méndez-Toribio *et al.* 2014).

La vegetación riparia ha sido estudiada por largo tiempo, lo que permite reconocer su función dentro de los ecosistemas riparios (Lind *et al.* 2019), así como la variedad de servicios ecosistémicos que genera (Cole *et al.* 2020). Los de mayor importancia son la provisión de hábitat para las especies silvestres y reguladoras de plagas (Díaz-Pascacio *et al.* 2018; Riis *et al.* 2020), regulación de la calidad del agua por el filtrado de partículas y nutrientes (Riis *et al.* 2020), regulación de la erosión y estabilidad del suelo en los márgenes y las orillas (Camacho-Rico *et al.* 2006), regulación de la cantidad y velocidad del agua en los cauces (Riis *et al.* 2020) y regulación del impacto de los eventos extremos como inundaciones y deslaves (Moreno-Jiménez *et al.* 2019). La belleza escénica y del paisaje a lo largo del cauce y su zona de vegetación riparia, así como el desarrollo de actividades acuático recreativas sobre el cauce del río, son servicios ecosistémicos culturales poco evaluados, pero no por ello menos importantes (Cole *et al.* 2020).

La urbanización es uno de los principales problemas que afectan la vegetación riparia (Kuglerová *et al.* 2019), debido a que, durante el proceso de urbanización, los ecosistemas y el hábitat natural de muchas especies de plantas o animales se altera, se elimina o se reemplaza, por el desarrollo de infraestructuras de distintos tipos y usos (Liu *et al.* 2014; Wu, 2014). De esta forma, se generan paisajes heterogéneos de gran diversidad temporal y espacial, los cuales, se suelen evaluar, considerando gradientes que van de lo urbano, periurbano, rural y natural (Faggi & Miguel, 2019).

Tanto en sitios con asentamientos urbanos o como parte de gradientes antrópicos, se ha demostrado cómo la urbanización conduce a la diferenciación en composición, en riqueza y en estructura de las comunidades vegetales riparias (Schwoertz *et al.* 2016, Kuglerová *et al.* 2019). En cuanto a la composición vegetal, en las zonas urbanas predominan las especies introducidas (Pennington *et al.* 2010; Cao & Natuhara, 2020; Faggi & Miguel, 2019); en las zonas periurbanas, se registran, tanto nativas como introducidas (Grella *et al.* 2018; Faggi & Miguel, 2019), mientras que, en las zonas naturales, las especies nativas son dominantes (Grella *et al.* 2018; Cao & Natuhara, 2020). La riqueza de especies aumenta con el incremento de la urbanización, asociado, a su vez, con la presencia de especies introducidas (Cao & Natuhara, 2020; Faggi & Miguel, 2019).

Además, la urbanización conduce a cambios en la estructura y complejidad de las comunidades vegetales riparias. Con el incremento de la urbanización, la abundancia y la riqueza de las especies del sotobosque aumenta con respecto a las especies del dosel, lo que sugiere que, en el dosel, la respuesta a las perturbaciones es más tardía, con respecto a las especies del sotobosque (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014). Asimismo, el área basal promedio, la altura total promedio y el porcentaje del sotobosque y dosel, dado por el área de copa, disminuyen con el incremento de la urbanización, debido a que los individuos leñosos de mayor tamaño son los primeros en ser removidos, con el cambio de uso del suelo de la vegetación riparia (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Zermeno-Hernández *et al.* 2020); sin embargo, no todos los estudios sobre vegetación riparia en gradientes antrópicos siguen los patrones ecológicos descritos, lo que significa, que otros factores tienen que ser integrados en el análisis, entre ellos, los físicos, como la topografía y la estructura del paisaje y los factores sociales, como políticas para el uso y manejo del territorio (Torres-Gómez *et al.* 2009; Pennington *et al.* 2010; Cao & Natuhara, 2020).

En México, distintos estudios demuestran que las comunidades vegetales de la zona riparia están fuertemente afectadas por el cambio de uso de suelo, siendo la principal causa de pérdida de diversidad y de estructura de la vegetación (Moreno-Jiménez *et al.* 2019; Ortiz-Arrona, 2019; Zermeno-Hernández *et al.* 2020). Respecto a la diversidad florística, se reporta una mayor riqueza vegetal y mayor presencia de especies nativas en sitios adyacentes a bosques nativos o secundarios, a diferencia de aquellos sitios adyacentes con usos de suelo urbanizados o con agricultura (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Díaz-Pascacio *et al.* 2018). Referente a la estructura y a la complejidad de la vegetación riparia, se reporta

que el número de individuos vegetales por unidad de área y altura total de la vegetación incrementa, positivamente, respecto a la distancia, a la infraestructura: como casas, carreteras pavimentadas o borde de las zonas urbanas (Moreno-Jiménez *et al.* 2017), mientras que el diámetro promedio del tronco, la altura total promedio y cobertura de los distintos estratos de la vegetación, disminuyen con el incremento de la urbanización (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Zermeño-Hernández *et al.* 2020). Asimismo, un mayor número de plantas en estratos bajos y con diámetro pequeño son indicadores de zonas de vegetación riparia con perturbación (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Moreno-Jiménez *et al.* 2017).

Ante el panorama expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en la diversidad florística y variación estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente de cambio de uso de suelo y adyacente al río Pitillal, Jalisco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área y sitios de estudio. El área de estudio se localiza en la parte baja de la cuenca del río Pitillal, en la costa norte del estado de Jalisco, México, perteneciente a la Región Hidrológica número 13, referente a las cuencas Cuale-Pitillal (Figura 1). La cuenca tiene una superficie de aportación de 423,5 km² y un volumen disponible a la salida de 75,4 mm³. La condición del cauce es perenne, de orden 6, que hace referencia a la magnitud de los caudales al unirse con afluentes de órdenes inferiores, es decir, la unión de ríos de orden 1 crean ríos de orden 2 y así consecutivamente (Ortiz-Arrona, 2019). La longitud total del cauce es de 43,5 km (DOF, 2013). La elevación va de 0 a 1.861 m s.n.m. Los tipos de vegetación predominante son bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Rzedowski, 1998; Ramírez-Delgadillo & Cupul-Magaña, 1999). El clima dominante en la cuenca es cálido subhúmedo (CEA, 2015), con temperatura media anual de 21,8 °C y precipitación media anual de 1.385 mm (IIEG, 2014).

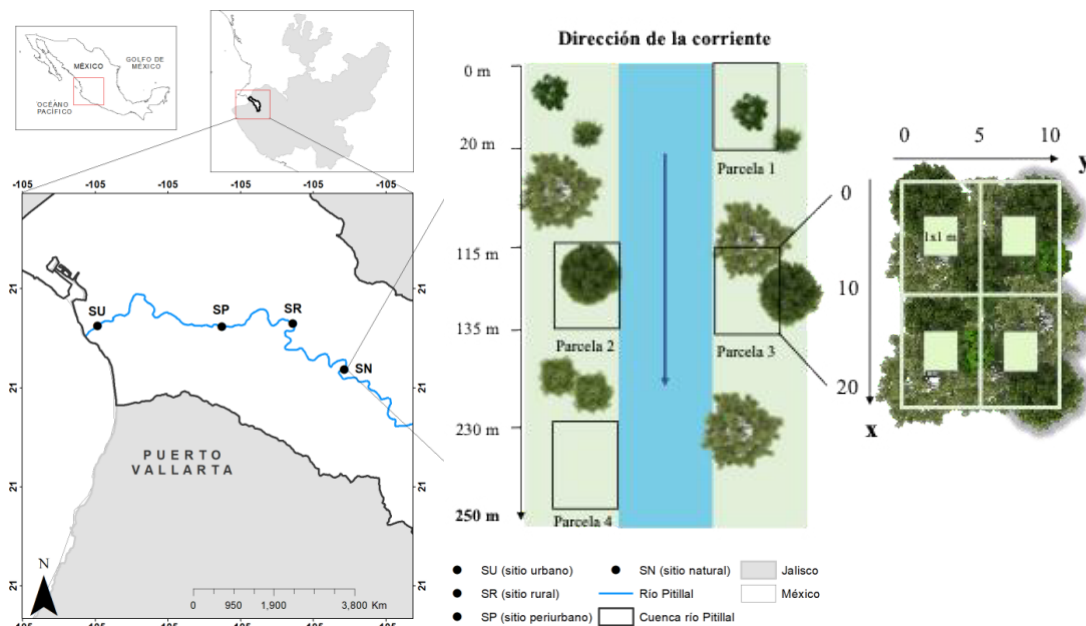


Figura 1. Localización del área y sitios de estudio a lo largo del río Pitillal, Puerto Vallarta - Jalisco, México. Se muestra la localización de las cuatro parcelas de muestreo a lo largo de un tramo de estudio y los cuadros dentro de las parcelas.

En el presente estudio, se consideró un gradiente urbano-natural, seleccionando cuatro sitios, denominados: urbano (SU), con urbanización continua y usos industriales, de servicios o infraestructura vial, a menos de 250 m, en uno o ambos márgenes; periurbano (SP), no hay una continuidad de urbanización y con presencia de más vegetación riparia en uno o ambos márgenes, a menos de 250 m; rural (SR), con vegetación riparia continua, a menos de 250 m, en uno o ambos márgenes, escasa urbanización evidente y natural (SN), sin urbanización y con vegetación riparia continua en ambos márgenes, a menos de 250 m (Faggi & Miguel, 2019). Los cuatro sitios, se establecieron a lo largo de 13 km sobre el río. En cada sitio, se registraron las características de densidad poblacional, actividades económicas, presencia de infraestructura y

uso de suelo adyacente a la zona con vegetación riparia (Idczak & Mrozik, 2020; Sam, 2014).

Muestreo de vegetación. En cada sitio, se delimitó un tramo fluvial de 250 m (Figura 1), en el cual, se distribuyeron, de manera escalonada, cuatro parcelas de muestreo (200 m²), inmediatas a la zona riparia con vegetación, dos en cada margen y tratando de abarcar todo el tramo fluvial delimitado: parcela 1 (0 - 20 m), parcela 2 y 3 (115 - 135 m) y parcela 4 (230 - 250 m) (Sánchez *et al.* 2014; Cao & Natuhara, 2020). Todos los árboles, arbustos y lianas, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 1 cm, fueron censados. En cada individuo, se registró su ubicación dentro de la parcela (coordenadas x, y), identidad taxonómica, tipo

de planta (árbol, arbusto, liana), DAP de cada tallo, altura total de la planta, diámetros de copa (norte-sur y este-oeste), para calcular área de copa y altura a la primera rama y determinar la profundidad de copa. A su vez, cada parcela se dividió en cuatro secciones iguales (50 m²) y en el centro de cada sección, se colocó un cuadro de 1 m², para la identificación de hierbas o plántulas de las especies leñosas con altura total, de entre 0,1 y 1 m, que forman parte del sotobosque (Figura 1). En cada individuo, se registró su identidad taxonómica, tipo de planta (árboles, arbustos, hierbas y lianas), altura total de la planta y porcentaje de cobertura dentro del cuadro (Ángeles-García *et al.* 2021). En el caso de los organismos vegetales no identificados en campo, se tomaron fotografías digitales, previo a la recolección y después, se cotejaron con ejemplares del herbario del Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

Diversidad florística. La diversidad florística total y por sitio, se evaluó en términos de composición, de abundancia y de riqueza de especies, por tipo de planta y distribución natural. Se generó un listado único de especies, para determinar la composición florística de la zona riparia del río Pitillal. Los nombres científicos fueron verificados en la base de datos digital de Tropicos (<https://www.tropicos.org/home>), del Missouri Botanical Garden.

Distribución natural de las especies. La distribución de las especies se categorizó de acuerdo con Villaseñor (2016) y verificada en Trópicos (<https://www.tropicos.org/home>) y en EncicloVida (<https://enciclovida.mx/>), considerando las siguientes categorías:

Nativa (N): Especie vegetal, que se encuentra dentro de su área natural de distribución, de acuerdo con su potencial de dispersión (Catford & Jansson, 2014).

Nativa invasora (NI): Especie vegetal, que se encuentra dentro de su área de distribución original con capacidad de sobrevivir, reproducirse y establecerse en el hábitat, pero que suele afectar la diversidad y el funcionamiento del ecosistema natural (Richardson *et al.* 2007; Catford & Jansson, 2014).

Nativa no invasora pero no propia de la vegetación riparia (NR): Especie vegetal, que se encuentra dentro de su área natural de distribución con capacidad de sobrevivir, reproducirse y establecerse en el hábitat y ecosistemas naturales, no correspondiente al ecosistema ripario y tampoco afecta su funcionamiento (Catford & Jansson, 2014).

Introducida (I): Especie exótica vegetal, que se encuentra fuera de su área natural de distribución, que no suele afectar el funcionamiento del ecosistema en el que se establece y crece (Hood & Naiman, 2000; Catford & Jansson, 2014).

Introducida invasora (II): Especie exótica vegetal, que se encuentra fuera de su área natural de distribución, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y colonizar hábitats, suelen amenazar la diversidad nativa y el funcionamiento del ecosistema (Hood & Naiman, 2000; Richardson *et al.* 2007).

Algunos de los individuos vegetales identificados hasta género y las morfoespecies fueron categorizados como distribución natural no definida (ND). La categorización de las especies tiene la finalidad de determinar el papel que cumple cada una dentro del ecosistema ripario.

Variación estructural. Para mostrar si existen diferencias en los valores estructurales de las comunidades vegetales, se compararon las variables de diámetro del tronco a la altura del pecho, altura total, área de copa y profundidad de copa. Además, se generaron los perfiles de vegetación del cuadrante 4 de cada sitio, para visualizar los cambios en la diversidad estructural vertical de las comunidades vegetales. El perfil de vegetación muestra a los árboles y los arbustos allí presentes, considerando sus coordenadas x, y, altura total y diámetros de la copa (Quiroga-C *et al.* 2019).

Análisis de datos. La distribución normal de las variables se probó con el análisis de Shapiro-Wilk. Las diferencias entre los sitios para el número de individuos y de especies por tipo de planta, se examinó con la prueba paramétrica de análisis de varianza, mientras que las diferencias entre los sitios para las variables estructurales, se analizó con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se adelantó la prueba de Tukey, en los casos donde se encontraron diferencias entre sitios. Los análisis se realizaron en el programa PAST® 4.02 (Hammer *et al.* 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuatro tramos a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, se registraron un total de 508 individuos, incluidos en 42 familias, 72 géneros, 91 especies y 59 morfoespecies (Tabla 1). La especie más abundante fue el botoncillo (*Casearia corymbosa*), con 31 individuos. El sitio natural (SN) mostró la mayor riqueza, con un total de 83 especies y morfoespecies; por el contrario, en el sitio periurbano, se encontraron solo 23 especies y morfoespecies. La cantidad de individuos y de especies para arbustos (Figura 2b, f), hierbas (Figura 2c, g) y lianas (Figura 2d, h), no difieren entre los sitios, por el contrario, los árboles presentaron diferencias significativas en el número de individuos (Figura 2a) y especies por sitio (Figura 2e). Las especies arbóreas más abundantes en el sitio urbano fueron la introducida *Syzgium cumini* y la nativa *Salix humboldtiana*; en el sitio periurbano fue la nativa no invasora, pero no propia de vegetación riparia *Vachellia macracantha*; en el sitio rural fueron las especies nativas *Bursera simaruba*, *Bastardiastrum* sp., *Brosimum alicastrum* y *Heliocarpus* sp. y en el sitio natural fueron las especies nativas *C. corimbosa*, *B. simaruba*, *Psidium sartorianum* y *Thouinia acuminata*.

A lo largo del río Pitillal y su zona riparia disminuye la riqueza florística, resultado de los años de perturbación y de disturbio crónico, que sufren los sitios de estudio y las zonas aledañas (Gómez-Encarnación, 2021). El desmonte de la vegetación riparia original para el establecimiento de asentamientos humanos, plantaciones y cultivos, se presenta en los primeros siete kilómetros de cauce, tramo en el que se encuentra el SU y SP. En este tramo, la urbanización disminuyó la zona riparia disponible para el establecimiento de

diferentes estratos vegetales; la cercanía de las casas-habitación con los corredores riparios influye en que estos sitios sean utilizados como depósitos de desechos, modificando los atributos fisicoquímicos del suelo, lo que reduce la probabilidad de que conserven bancos de semillas y se establezcan plántulas de las especies vegetales (Lind *et al.* 2019).

En el 2020, en el sitio urbano, se registró el retiro de materiales acumulados en el margen y fondo del cauce, lo cual, provocó la remoción de la vegetación y que el ancho promedio del corredor ripario se redujera de 45 a 23, mientras que el ancho promedio del cauce activo pasó de 16 a 48 m. Aunado a esto, se encontró la presencia de cuatro especies introducidas invasoras (*Spathodea campanulata*, *Ricinus communis*, *Cynodon dactylon* y *Megathyrus maximus*), con efectos negativos potenciales en la dinámica de los ecosistemas riparios locales. En el sitio periurbano, se observó el pastoreo de ganado vacuno, lo que, potencialmente, ocasiona la compactación del suelo y no favorece la regeneración de especies (Díaz-Pascacio *et al.* 2018; Ortiz-Arrona, 2019), actividad que puede explicar la menor cantidad de individuos y especies en este sitio.

Se registraron 63 especies nativas, dos nativas invasoras, 10 nativas no invasoras, pero no propias de vegetación riparia; seis introducidas y cuatro introducidas invasoras (Tabla 1). En general, a lo largo del gradiente urbano-natural, se incrementó el número de individuos y de especies nativas, disminuyendo el número de individuos y de especies introducidas, patrón que coincide con estudios previos (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014); sin embargo, en este estudio, no se cumplió la hipótesis propuesta, la cual, planteaba que a lo largo del gradiente urbano-natural disminuiría el número de especies introducidas hasta encontrar solo especies nativas en el sitio natural (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014). No se cumplió porque en el sitio natural se registró la especie introducida *C. dactylon*, con baja abundancia, pero frecuente a lo largo de los tramos de estudio, lo que puede estar relacionado con su capacidad de establecerse en tierras degradadas (Singh *et al.* 2013). Asimismo, *R. communis* destacó por su regularidad en los sitios con indicios de perturbación (sitio urbano y periurbano), que podría tener un impacto negativo en la regeneración de especies riparias (Moreno-Jiménez *et al.* 2019; Ortiz-Arrona, 2019).

Tabla 1. Listado de especies vegetales en sitios de vegetación riparia a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. Sitio urbano (SU), sitio periurbano (SP), sitio rural (SR) y sitio natural (SN).

Especie	Familia	Abu	SU	SP	SR	SN	Origen
<i>Henrya insularis</i> Nees	Acanthaceae	5			x	x	N
<i>Ruellia stemonacanthoides</i> (Oerst.) Hemsl.	Acanthaceae	2			x		N
<i>Albertainera</i> sp.	Amaranthaceae	1				x	ND
<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	Amaranthaceae	1		x			N
<i>Chamissoa altissima</i> (Jacq.) Kunth	Amaranthaceae	5				x	N
<i>Iresine</i> sp.	Amaranthaceae	4				x	
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	2		x	x		I
<i>Cymbopetalum hintonii</i> Lundell	Annonaceae	1				x	N
<i>Cascabela ovata</i> (Cav.) Lippold	Apocynaceae	1	x				ND
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	Apocynaceae	2				x	NR
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i> Rose ex J.D.Sm.	Apocynaceae	1				x	N
<i>Anthurium balmoorei</i> Croat	Araceae	2				x	N
<i>Attalea coburne</i> Mart.	Arecaceae	1			x		N
<i>Chamaedorea pochutlensis</i> Liebm.	Arecaceae	3				x	N
<i>Aristolochia carterae</i> Pfeifer	Aristolochiaceae	1			x		N
<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	Asteraceae	1		x			N
<i>Perityle microglossa</i> Benth.	Asteraceae	1	x				N
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	Bignoniaceae	1			x		NR
<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	Bignoniaceae	2	x	x			II
<i>Bursera</i> sp.	Burseraceae	8			x	x	ND
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	17		x	x	x	N
<i>Conopia poliantra</i> (Kunth) Rose	Caricaceae	4				x	N
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	7		x		x	N
<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	2	x				I
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	1	x				N
<i>Rourea glabra</i> Kunth	Connaraceae	1				x	N
<i>Cnidioscolus spinosus</i> Lundell	Euphorbiaceae	2				x	N
<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	Euphorbiaceae	1				x	N
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	7	x	x			II
<i>Apoplanesia paniculata</i> C.Presl	Fabaceae	9		x		x	N

Abu= Número total de individuos; N= Nativa; NI= Nativa invasora; NR= Nativa no invasora, pero no propia de la vegetación riparia; I= Introducida; II= Introducida invasora; ND= No definida.

Continuación tabla 1.

Especie	Familia	Abu	SU	SP	SR	SN	Origen
<i>Bauhinia pringlei</i> S.Watson	Fabaceae	3				x	N
<i>Cannavalia</i> sp.	Fabaceae	1			x		ND
<i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) Lavin	Fabaceae	9		x	x		N
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	1				x	N
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	7	x		x	x	N
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	1		x			NR
<i>Machaerium kegelii</i> Meissner	Fabaceae	6			x	x	N
<i>Mimosa</i> sp.	Fabaceae	1	x				ND
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	4		x	x		NI
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	2			x		I
<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger	Fabaceae	1		x			NR
<i>Vachellia hindsii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Fabaceae	3			x		NR
<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger	Fabaceae	15		x			NR
<i>Vitex pyramidata</i> B.L.Rob.	Lamiaceae	4				x	N
<i>Persea</i> sp.	Lauraceae	3			x		NR
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Lygodiaceae	3				x	N
<i>Bastardiastrum</i> sp.	Malvaceae	4			x		ND
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	12	x	x	x		NI
<i>Heliocharpus</i> sp.	Malvaceae	5			x		ND
<i>Heliocharpus pallidus</i> Rose	Malvaceae	1			x		N
<i>Luehea candida</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Mart.	Malvaceae	1				x	N
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Malvaceae	1				x	N
<i>Thalia geniculata</i> L.	Marantaceae	1	x				N
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	1			x		N
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	10			x	x	N
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	9	x	x			N
<i>Ficus membranacea</i> C.Wright	Moraceae	1			x		N
<i>Sapium macrocarpum</i> Müll.Arg.	Moraceae	1			x		N
<i>Musa × paradisiaca</i> L.	Musaceae	7		x			I
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	1			x		I
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	2		x			NR
<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	Myrtaceae	13			x	x	N

Abu= Número total de individuos; N= Nativa; NI= Nativa invasora; NR= Nativa no invasora, pero no propia de la vegetación riparia; I= Introducida; II= Introducida invasora; ND= No definida.

La variación estructural de la vegetación riparia mostró variación a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal. Los sitios mostraron diferencias significativas en el diámetro de tronco (Figura 3a), en el área de copa (Figura 3c) y en la profundidad de copa (Figura 3d); la altura total no mostró diferencias significativas entre sitios (Figura 3b). En este estudio, la hipótesis planteada para la variación estructural no se cumplió; se esperaba que el valor promedio de diámetro del tronco, altura total, área de copa y profundidad de copa, se incrementará a lo largo del gradiente urbano-natural (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014; Zerméño-Hernández *et al.* 2020).

Si bien hay diferencias en el valor promedio de las variables estructurales entre los sitios, este valor promedio no se incrementó

a lo largo del gradiente, incluso, se obtiene un patrón inverso; por ejemplo, a lo largo del gradiente urbano-natural, el valor promedio del diámetro de tronco, área y profundidad de copa disminuye, con el valor más bajo en el sitio natural, presenta una dinámica de sucesión ecológica del bosque tropical caducifolio y efectos negativos de factores ambientales, como sequías intensas e inundaciones, que afectan la morfología y el crecimiento de los individuos leñosos (Martínez-Ramos *et al.* 2018; Lacerda & Barbosa, 2020; Fischer *et al.* 2021), además del alto nivel de competencia intra e interespecífica que se presenta entre individuos leñosos por los recursos (agua, luz y nutrientes), dentro de este tipo de bosque (Fallas-Montero & Vilchez-Alvarado, 2018). Por otra parte, la altura de las especies leñosas fue beneficiada a lo largo del gradiente de uso de suelo, debido a la alta humedad en el sustrato, que caracteriza los

Continuación tabla 1.

Especie	Familia	Abu	SU	SP	SR	SN	Origen
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Myrtaceae	14	x				I
<i>Pisonia aculeata</i> L.	Nyctaginaceae	6	x			x	N
<i>Ouratea mexicana</i> (Bonpl.) Engl.	Ochnaceae	4				x	N
<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H. Hara	Onagraceae	2	x		x		N
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	5		x	x	x	ND
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	1		x			N
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Piperaceae	1	x				N
<i>Piper hispidum</i> Sw.	Piperaceae	9	x				N
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Plantaginaceae	2	x				N
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	5	x	x	x	x	II
<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	Poaceae	10	x	x			II
<i>Oatea acuminata</i> (Munro) C.E. Calderón ex Soderstr.	Poaceae	1			x		N
<i>Phragmites</i> sp.	Poaceae	1			x		ND
<i>Setaria</i> sp.	Poaceae	1				x	ND
<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Primulaceae	2			x		N
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	Pteridaceae	2			x	x	N
<i>Randia</i> sp.	Rubiaceae	2			x	x	ND
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	11				x	N
<i>Casearia arguta</i> Kunth	Salicaceae	4				x	N
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Salicaceae	31			x	x	N
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Salicaceae	13	x				N
<i>Paullinia sessiliflora</i> Radlk.	Sapindaceae	1				x	N
<i>Serjania racemosa</i> Schumach.	Sapindaceae	6	x				NR
<i>Tbouinia acuminata</i> S. Watson	Sapindaceae	11			x	x	N
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Solanaceae	1			x		N
<i>Solanum umbellatum</i> Mill.	Solanaceae	1		x			N
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	8				x	N
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Urticaceae	2	x				N

Abu= Número total de individuos; N= Nativa; NI= Nativa invasora; NR= Nativa no invasora, pero no propia de la vegetación riparia; I= Introducida; II= Introducida invasora; ND= No definida.

ambientes riparios (Lacerda & Barbosa, 2020), sin tener efecto el gradiente de uso de suelo, como se mencionaba en trabajos previos (Méndez-Toribio *et al.* 2014).

La estructura vertical de la vegetación riparia presenta patrones contrastantes a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal. El sitio urbano tiene pocos árboles que dominan el dosel y que alcanzan hasta los 25 m, con amplios diámetros de la copa, por lo que hay pocos claros. Más de la mitad de los individuos leñosos se encuentran por debajo de los cinco metros y algunos están en proceso de maduración (Figura 4).

En el sitio periurbano, el grado de intervención antrópica fue el más alto en el área de estudio; presentó, además, escasa vegetación, agrupada en diminutos parches en etapa de sucesión temprana, dominados por árboles de menos de 10 m de altura y diámetro

de copa reducido (Figura 4). En el sitio rural, se encontraron varios claros; la mayoría de los individuos leñosos se agruparon en un parche continuo y uniforme adyacente al cauce, que no sobrepasaba los 10 m de altura y diámetros de copa reducidos; la presencia de árboles que alcanzan el dosel fue escasa (Figura 5). El perfil del sitio natural fue uniforme en cuanto a la distribución vertical de los árboles entre el suelo y el dosel, a lo largo de la parcela de muestreo, con escasa presencia de claros. Además, fue el sitio con la mayor cantidad de individuos y especies, con algunos individuos emergentes que alcanzaban el dosel y la mayoría de menos de 10 m de altura (Figura 5).

Los perfiles de vegetación nos permitieron profundizar en el estudio de la distribución de las comunidades vegetales a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal e ilustrar tres variantes de vegetación. La primera, se observa en los sitios periurbano y rural,

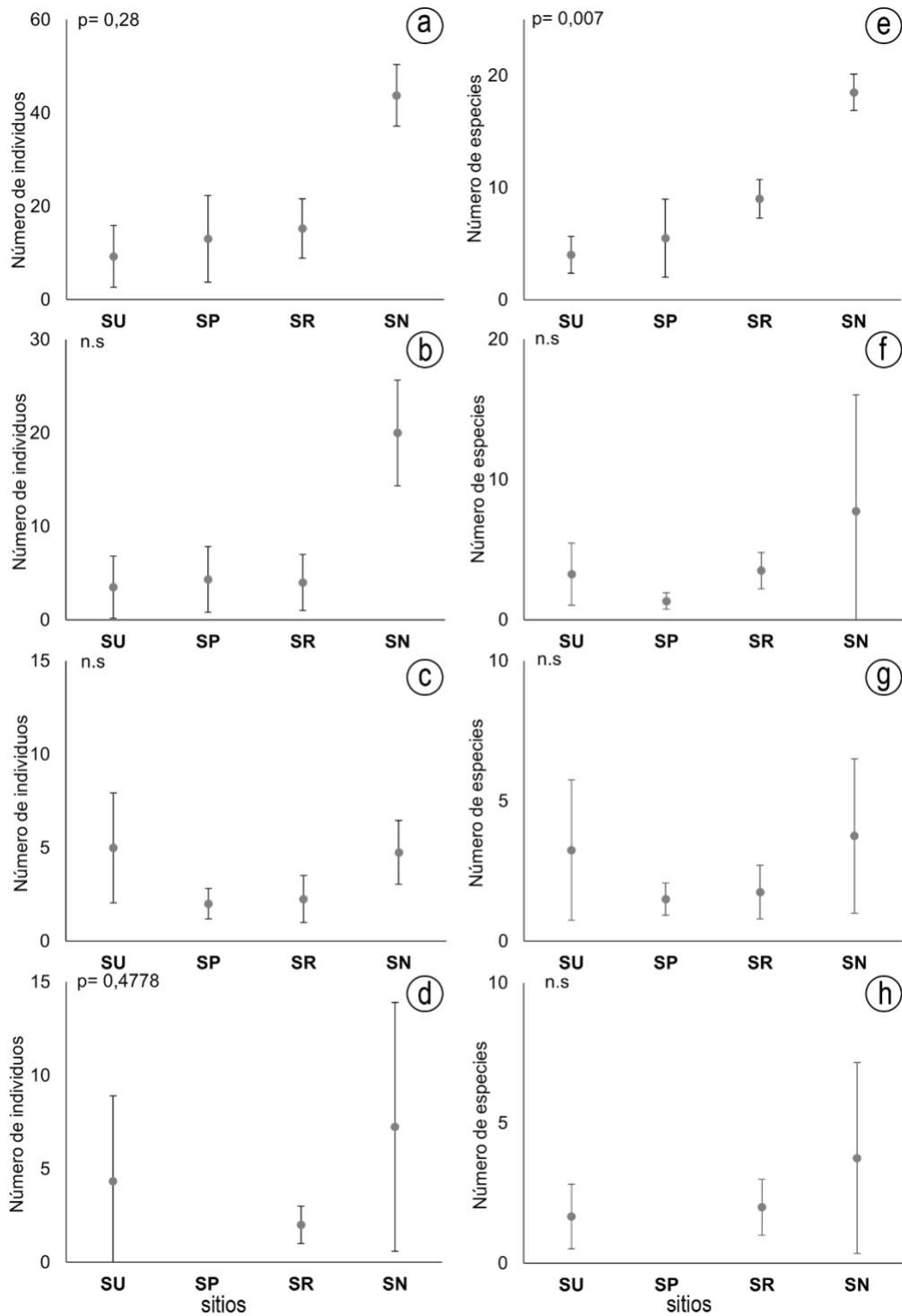


Figura 2. Número de individuos y especies de árboles (a, e), arbustos (b, f), hierbas (c, g) y lianas (d, h), en los sitios de vegetación riparia a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. SU= sitio urbano; SP= sitio periurbano; SR =sitio rural; SN= sitio natural. Se muestra los valores promedio \pm desviación estándar.

con alta presencia de claros, dominada por un número bajo de individuos y especies pioneras e intermedias, con alturas menores a los 15 m y áreas de copa muy heterogéneas; estos sitios presentan fases sucesionales procedentes de desastres naturales, así como de perturbaciones antropogénicas. La segunda variante, se observó en el sitio urbano y representa un remanente de bosque ripario,

con dominancia de árboles emergentes de gran porte, definido con base en la altura total, el área y profundidad de copa, típico de una sucesión vegetal avanzada. La última variante fue del sitio natural, donde se encontró la menor cantidad de claros y tres estratos bien definidos; se consideró, que representa una etapa intermedia de la sucesión, a causa de perturbaciones naturales, por el alto número

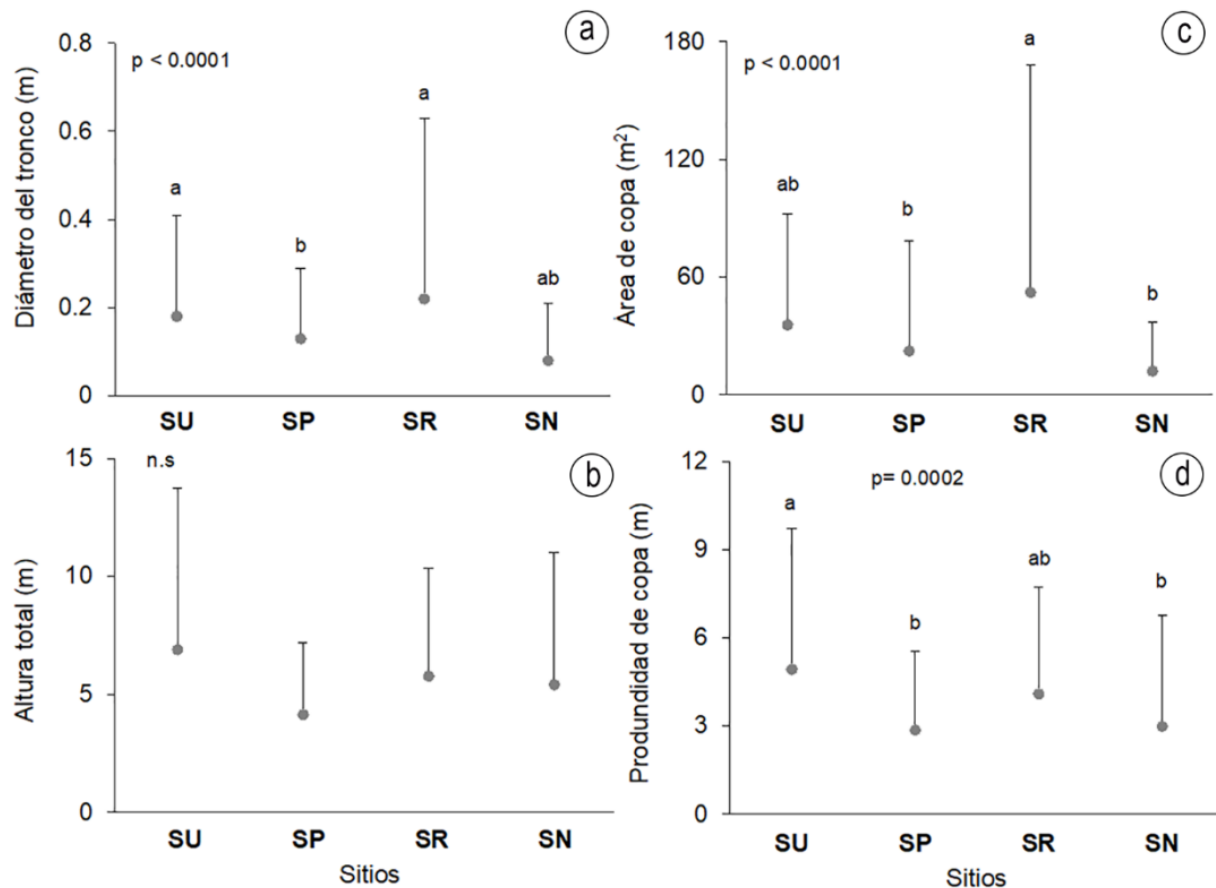


Figura 3. Variables estructurales de la vegetación riparia en sitios a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. a) diámetro del tronco, b) altura, c) área de copa, d) profundidad de copa. Se muestra los valores promedio + desviación estándar. SU= sitio urbano; SP= sitio periurbano; SR =sitio rural; SN= sitio natural.

de individuos, con diámetro de tronco pequeño y alturas menores a los 10 m. La etapa intermedia de sucesión en bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios, se caracteriza por el recambio de especies conforme van alcanzando el dosel, algunos, de los cuales, se conviertan en árboles emergentes (Jimenez-Rodríguez *et al.* 2018).

Se espera que la actividad antropogénica en las zonas riparias aumente, tanto en magnitud como en complejidad, durante las próximas décadas (Allan, 2004). Por esta razón, es vital mantener estas áreas en un estado relativamente poco perturbado, como la zona riparia con bosque tropical caducifolio del sitio natural, que constituye una importante fuente de propágulos y refugio para la biodiversidad (Rzedowski, 1998). En particular, en este sitio, se registraron 24 especies únicas, es decir, que solo se registraron en este sitio (Tabla 1), resultado similar al encontrado por Méndez-Toribio *et al.* (2014), en ecosistemas riparios de Michoacán, México. Por tanto, se espera que los resultados de esta investigación sirvan de línea base para el estudio de la diversidad florística y estructural de las comunidades riparias, al analizar la dinámica de las especies vegetales nativas dentro de la franja de vegetación riparia a lo largo del río y como están respondiendo al gradiente antrópico; así como explorar el papel que tiene las especies vegetales únicas en el

funcionamiento de los ecosistemas riparios (Naiman & Decamps, 1997; Lind *et al.* 2019).

Finalmente, se espera que los resultados de esta investigación despierten el interés de académicos y de tomadores de decisiones locales sobre las comunidades vegetales que se encuentran en las zonas riparias y que den pie a proyectos, que permitan profundizar en el conocimiento de los factores biofísicos, ecológicos y sociales, que afectan directa e indirectamente la zona riparia del río Pitillal. Los datos obtenidos pueden contribuir a la formulación de planes de manejo, socializados con la comunidad aledaña y asentada a lo largo del cauce del río, para que, con apoyo del gobierno, se logre conservar y rehabilitar los ecosistemas riparios en la región y, especialmente, a lo largo del río Pitillal.

Como recomendación es que, una vez identificadas las zonas del río que han sido altamente modificadas por actividades antrópicas, se consideren como ideales para reforestar, con algunas de las 63 especies vegetales nativas identificadas en el presente estudio e, incluso, con algunas de las especies más abundantes y competitivas, como son *C. corymbosa*, *B. simaruba*, *S. humboldtiana*, *P. sartorianum* o *T. acuminata*.

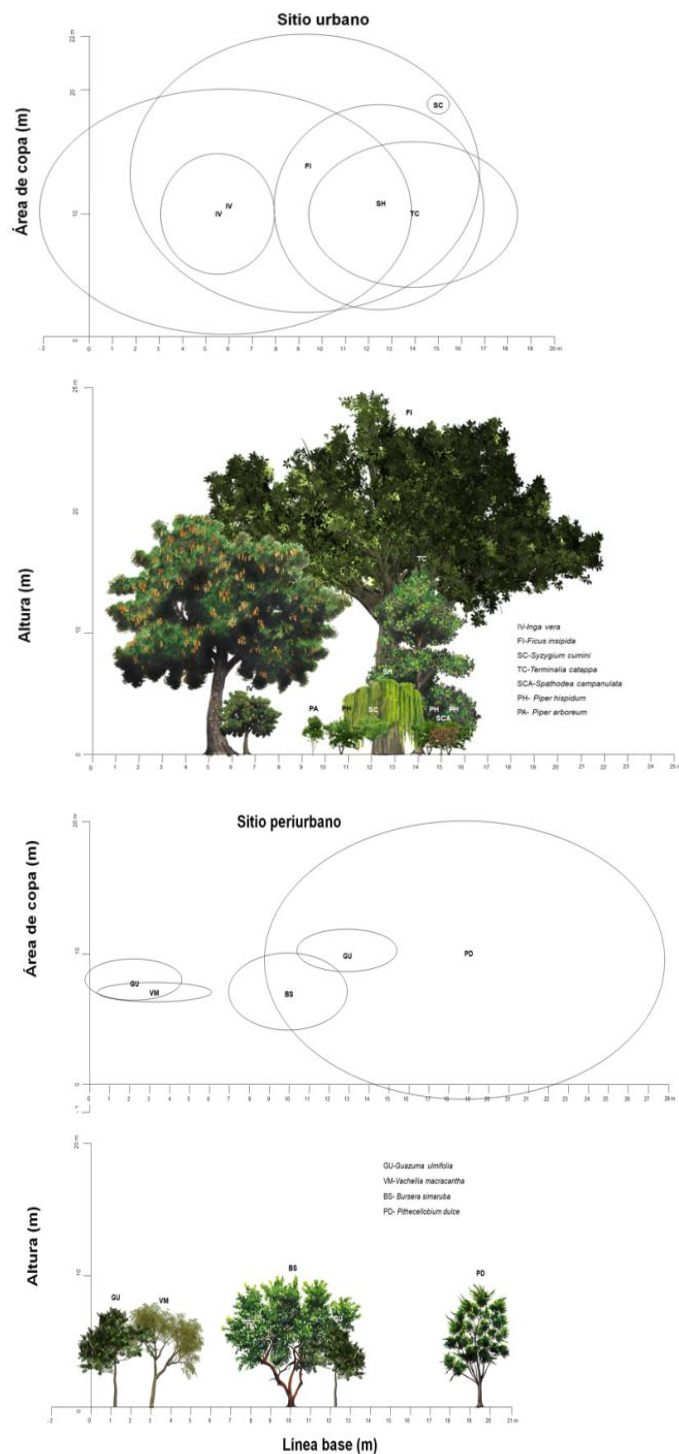


Figura 4. Perfiles de vegetación del cuadrante 4 del sitio urbano y periurbano a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Puerto Vallarta, Jalisco.

Igualmente, los nuevos estudios del ecosistema ripario deberán producir información sobre otros grupos de organismos que comparten esta zona y que no han sido estudiados, información que dará certeza a las autoridades pertinentes sobre las decisiones de manejo y de conservación de la zona riparia de México.

Agradecimientos. Agradecemos a los Biólogos Luis Enrique Cano, Juan Pablo Cuevas, Cynthia Coronel e Ismael Huerta, por su apoyo en los censos de vegetación. Al señor Evaristo Arechiga, por compartirnos su conocimiento empírico sobre la flora local. A la Doctora Claudia Irene Ortíz-Arrona, por su ayuda en establecer el método de muestreo y al Doctor Pablo Carrillo-Reyes, por la

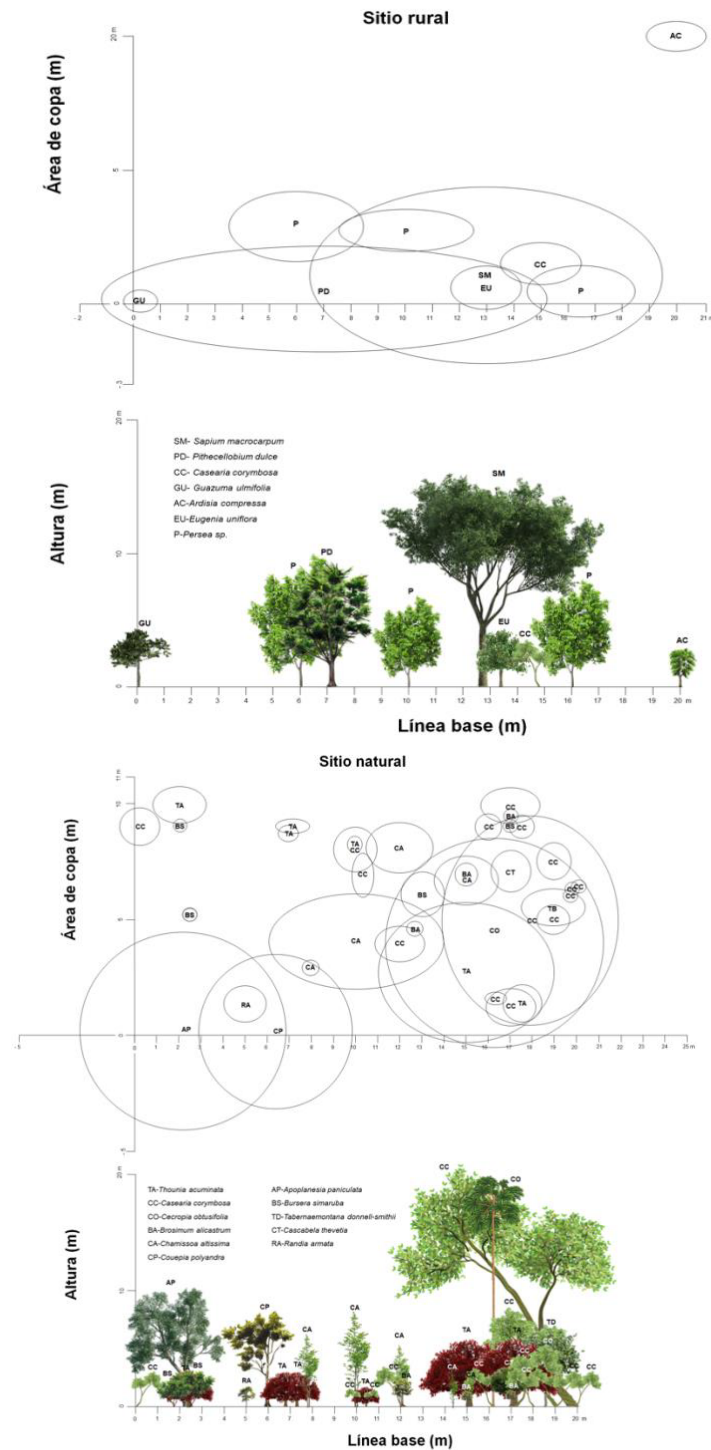


Figura 5. Perfiles de vegetación del cuadrante 4 del sitio rural y natural a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Puerto Vallarta, Jalisco.

identificación de algunas de las especies colectadas. Agradecemos al editor y a los dos revisores por sus comentarios y sugerencias, los cuales, enriquecieron el manuscrito. Conflictos de interés: El manuscrito fue preparado y revisado por todas las autoras, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo

la validez de los resultados presentados. Este trabajo se realizó por parte de un integrante del Cuerpo Académico Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (UDG-CA-940). Financiación: Programa de Apoyo a la Productividad de Miembros del Sistema Nacional de Investigadores, Universidad de Guadalajara.

REFERENCIAS

1. ALLAN, J.D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 35:257-284.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>
2. ÁNGELES-GARCÍA, A.Y.; SUÁREZ-TORRES, J.J.; CARRILLO-REYES, P.; PEÑA-JOYA, K.E.; QUIJAS, S. 2021. Woody plant diversity in deciduous and semi-deciduous tropical forest of Sierra de Vallejo, Nayarit, México. *Botanical Sciences*. 100(1):2-27.
<https://doi.org/10.17129/botsci.2770>
3. BARLING, R.D.; MOORE, I.D. 1994. Role of buffer strips in management of waterway pollution: A Review. *Environmental Management*. 18:543-558.
<https://doi.org/10.1007/BF02400858>
4. 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.
<https://doi.org/10.17129/botsci.1718>
5. CAO, Y.; NATUHARA, Y. 2020. Effect of urbanization on vegetation in riparian area: plant communities in artificial and semi-natural habitats. *Sustainability*. 12(1):204.
<https://doi.org/10.3390/su12010204>
6. CATFORD, J.A.; JANSSON, R. 2014. Drowned, buried and carried away: effects of plant traits on the distribution of native and alien species in riparian ecosystems. *New Phytologist*. 204(1):19-36.
<https://doi.org/10.1111/nph.12951>
7. COLE, L.J.; STOCKAN, J.; HELLIWELL, R. 2020. Managing riparian buffer strips to optimize ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 296:106891.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106891>
8. COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA JALISCO, CEA. 2015. Ficha técnica hidrológica municipal. Puerto Vallarta. Comisión Estatal del Agua Jalisco. Disponible desde Internet en: http://www.ceajalisco.gob.mx/doc/fichas_hidrologicas/region12/puerto%20vallarta.pdf (con acceso el 07/08/2021).
9. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, DOF. 2013. Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Ixtapa, Pitillal, Cuale, San Blas, Huicicila y Tecomala, México. *Diario Oficial de la Federación*. Disponible desde Internet en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5306513&fecha=12/07/2013 (con acceso el 12/10/2021).
10. DÍAZ-PASCACIO, E.; ORTEGA-ARGUETA, A.; CASTILLO-UZCANGA, M.M.; RAMÍREZ-MARCIAL, N. 2018. Influence of land use on the riparian zone condition along an urban-rural gradient on the Sabinal River, Mexico. *Botanical Sciences*. 96(2):180-199.
<https://doi.org/10.17129/botsci.1858>
11. FAGGI, A.; MIGUEL, S. 2019. Estudio urbano-ambiental de riberas de ríos y arroyos urbanos de la ciudad de Salta. *Terra Mundus*. 6(1):13-32.
12. FALLAS-MONTERO, E.; VÍLCHEZ-ALVARADO, B. 2018. Competencia en el desarrollo de *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. y *Guazuma ulmifolia* Lam. en bosques secundarios caducifolios del Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 15(37):34-47.
<http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v15i37.3598>
13. FISCHER, S.; GREET, J.; WALSH, C.; CATFORD, J. 2021. Flood disturbance affects morphology and reproduction of woody riparian plants. *Scientific Reports*. 11:16477.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-403578/v1>
14. GÓMEZ-ENCARNACIÓN, E. 2021. La Montgomery & Cía.: puntal de la economía vallartense en la década de 1925-1935. *Ciencia y Mar*. 25(74):101-111.
15. GRELLA, C.; RENSHAW, A.; WRIGHT, I.A. 2018. Invasive weeds in urban riparian zones: the influence of catchment imperviousness and soil chemistry across an urbanization gradient. *Urban Ecosystems*. 21:505-517.
<https://doi.org/10.1007/s11252-018-0736-z>
16. HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.; RYAN, P.D. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontología Electrónica*. 4(1):1-9.
17. HOOD, W.G.; NAIMAN, R.J. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. *Plant Ecology*. 148:105-114.
<https://doi.org/10.1023/A:1009800327334>
18. IDCZAK, P.; MROZIK, K. 2020. Periurbanization—evidence from Polish metropolitan areas. *Economic and Environmental Studies*. 18(1):173-192.
<https://doi.org/10.25167/ees.2018.45.11>
19. INSTITUTO DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRÁFICA DE JALISCO, IIEG. 2014. Cuadernillos Municipales, Región 9 Costa Norte, Puerto Vallarta, 2012. SIEG.
20. JIMENEZ-RODRÍGUEZ, D.L.; ALVAREZ-AÑORVE, M.Y.; PINEDA-CORTES, M.; FLORES-PUERTO, J.I.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; OYAMA, K.; AVILA-

- CABADILLA, L.D. 2018. Structural and functional traits predict short term response of tropical dry forests to a high intensity hurricane. *Forest Ecology and Management*. 426:101-114.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.009>
21. KUGLEROVÁ, L.; KIELSTRA, B.W.; MOORE, R.D.; RICHARDSON, J.S. 2019. Importance of scale, land-use, and stream network properties for riparian plant communities along an urban gradient. *Freshwater Biology*. 64(3):587-600.
<https://doi.org/10.1111/fwb.13244>
 22. LACERDA, A.V.D.; BARBOSA, F.M. 2020. Riparian vegetation structure in a conservation unit in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. *Floresta e Ambiente*. 27(2).
<https://doi.org/10.1590/2179-8087.024018>
 23. LIND, L.; HASSELQUIST, E.M.; LAUDON, H. 2019. Towards ecologically functional riparian zones: A meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management*. 249:109391.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109391>
 24. LIU, Z.; HE, C.; ZHOU, Y.; WU, J. 2014. How much of the world's land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. *Landscape Ecology*. 29(5):763-771.
<https://doi.org/10.1007/s10980-014-0034-y>
 25. MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BALVANERA, P.; VILLA, F.A.; MORA, F.; MAASS, J.M.; MAZA-VILLALOBOS MÉNDEZ, S. 2018. Effects of long-term inter-annual rainfall variation on the dynamics of regenerative communities during the old-field succession of a neotropical dry forest. *Forest Ecology and Management*. 426:91-100.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.048>
 26. 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.
<https://doi.org/10.1007/s11258-014-0297-z>
 27. MÖLLER, P. 2011. Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. *Gestión Ambiental*. 21:96-106.
 28. MORENO-JIMÉNEZ, V.; CASTILLO-ACOSTA, O.; GAMA-CAMPILLO, L.; ZAVALA-CRUZ, J.; ORTIZ-PÉREZ, M.A. 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>
 29. MORENO-JIMÉNEZ, V.; GAMA-CAMPILLO, L.M.; ROMERO-GARCÍA, A.; OCHOA-GAONA, S.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; JIMÉNEZ-PÉREZ, N. DEL C.; MATA-ZAYAS, E.E. 2019. Características del paisaje y su relación con la diversidad y estructura de la vegetación ribereña del sureste de México. *Acta Botánica Mexicana*. 126:e1487.
<https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1487>
 30. NAIMAN, R.J.; DÉCAMP, H. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 28:621-658.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>
 31. ORTIZ-ARRONA, C.I. 2019. Los corredores ribereños en la cuenca del río Ayuquila-Armería en México: vegetación ribereña y calidad de las riberas. Ed. Universidad de Guadalajara (México). 171p.
 32. PENNINGTON, D.N.; HANSEL, J.R.; GORCHOV, D.L. 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>
 33. QUIROGA-C., J.A.; ROA-R., H.Y.; MELO, O.; FERNÁNDEZ-M., F. 2019. Estructura de fragmentos de bosque seco tropical en el sur del departamento del Tolima, Colombia. *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural*. 23(1):31-51.
<https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.2>
 34. RAMÍREZ-DELGADILLO, R.; CUPUL-MAGAÑA, F.G. 1999. Contribución al conocimiento de la flora de la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. *Ciencia ERGO-SUM*. 6(2):135-146.
 35. RICHARDSON, D.M.; HOLMES, P.M.; ESLER, K.J.; GALATOWITSCH, S.M.; STROMBERG, J.C.; KIRKMAN, S.P.; PYSEK, 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>
 36. RIIS, T.; KELLY-QUINN, M.; AGUIAR, F.C.; MANOLAKI, P.; BRUNO, D.; BEJARANO, M.D.; CLERICI, N.; FERNANDES, M.R.; FRANCO, J.C.; PETTIT, N.; PORTELA, A.P.; TAMMEORG, O.; TAMMEORG, P.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P.M.; DUFOUR, S. 2020. Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *BioScience*. 70(6):501-514.
<https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041>
 37. RZEDOWSKI, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerógama de México. En: Ramamoorthy, T.P.; Bye, R.; Lot, A.; Fa, J. (eds). *Diversidad Biológica de México:*

- Orígenes y Distribución. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México (México, D.F.). p.129-145.
38. SAM, K. 2014. Changing land use and land cover in fringe area using GIS: A case study of Barddhaman town, West Bengal. *International Journal of Geomatics and Geosciences*. 5(2):243-252.
39. SÁNCHEZ, T.; MATA, D.; PÉREZ, M.; CALDERÓN, E.; ARRONA, C. 2014. Protocolo de muestreo de vegetación para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012). Ed. Reservas con agua (México).
40. SCHWOERTZIG, E.; POULIN, N.; HARDION, L.; TRÉMOLIÈRES, M. 2016. Plant ecological traits highlight the effects of landscape on riparian plant communities along an urban-rural gradient. *Ecological Indicators*. 61(2):568-576.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.008>
41. SINGH, K.; PANDEY, V.C.; SINGH, R.P. 2013. *Cynodon dactylon*: An efficient perennial grass to revegetate sodic lands. *Ecological Engineering*. 54:32-38.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.007>
42. TORRES-GÓMEZ, M.; DELGADO, L.E.; MARÍN, V.H.; BUSTAMANTE, R.O. 2009. Estructura del paisaje a lo largo de gradientes urbano-rurales en la cuenca del río Aisén (Región de Aisén, Chile). *Revista Chilena de Historia Natural*. 82:73-82.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000100005>
43. VILLASEÑOR, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87(3):559-902.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
44. WU, J. 2014. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*. 125:209-221.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>
45. ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; SUAZO-ORTUÑO, I.; MÉNDEZ-TORIBIO, M. 2020. Impact of adjacent land use on the ecological condition of riparian habitats: The relation between condition and vegetation properties. *Applied Vegetation Science*. 23(4):610-621.
<https://doi.org/10.1111/avsc.12508>